

AUS DER ABTEILUNG
FÜR UNFALLCHIRURGIE
PROF. DR. MICHAEL NERLICH
DER FAKULTÄT FÜR MEDIZIN
DER UNIVERSITÄT REGENSBURG

**Das klinische und radiologische Outcome nach valgisierender
öffnender Tibiakopffosteotomie im 2-Jahres-Follow-up**

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades
der Zahnmedizin

der
Fakultät für Medizin
der Universität Regensburg

vorgelegt von
Teresa Anna Schaz

2014

AUS DER ABTEILUNG
FÜR UNFALLCHIRURGIE
PROF. DR. MICHAEL NERLICH
DER FAKULTÄT FÜR MEDIZIN
DER UNIVERSITÄT REGENSBURG

**Das klinische und radiologische Outcome nach valgisierender
öffnender Tibiakopffosteotomie im 2-Jahres-Follow-up**

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades
der Zahnmedizin

der
Fakultät für Medizin
der Universität Regensburg

vorgelegt von
Teresa Anna Schaz

2014

Dekan:

Prof. Dr. Dr. Torsten E. Reichert

1. Berichterstatter:

Prof. Dr. Peter Angele

2. Berichterstatter:

Prof. Dr. Dr. h. c. Joachim Grifka

Tag der mündlichen Prüfung:

30.04.2014

Meinen Eltern

Inhaltsverzeichnis

1	EINLEITUNG.....	1
1.1	Grundlagen zur Gonarthrose	1
1.1.1	Definition und Epidemiologie	1
1.1.2	Ätiologie und Pathogenese.....	2
1.2	Therapien der Gonarthrose.....	3
1.2.1	Konservative Therapien - Grundsätzliches.....	3
1.2.1.1	Nichtpharmakologische Behandlung	3
1.2.1.2	Pharmakologische Behandlung.....	4
1.2.2	Operative Therapien - Indikation und Therapieoptionen.....	6
1.3	Hohe Tibiakopfosteotomie (HTO) bei medialer Gonarthrose	8
1.3.1	Bestimmung von Achsen und Winkeln am Kniegelenk.....	8
1.3.2	Ziel der hohen Tibiakopfosteotomie.....	9
1.3.3	Indikationen und Kontraindikationen der hohen Tibiakopfosteotomie.....	10
1.3.4	Präoperative Planung der hohen Tibiakopfosteotomie	11
1.3.5	Operationstechniken der hohen Tibiakopfosteotomie.....	12
1.3.6	Prognosefaktoren und Ergebnisse der hohen Tibiakopfosteotomie	15
1.4	Fragestellung	17
2	MATERIAL UND METHODE.....	18
2.1	Patientenrekrutierung und Auswahlkriterien.....	18
2.2	Operationsverfahren	18
2.2.1	Präoperative Planung	18
2.2.2	Operationstechnik der valgusierenden öffnenden Tibiakopfosteotomie...	19
2.2.3	Nachbehandlung	20
2.3	Bewertungsparameter.....	21
2.3.1	Radiologische Auswertung der Ganzbeinstandaufnahme	21

2.3.2	Subjektiver IKDC 2000 Score	22
2.3.3	Cincinnati Sportsmedicine and Orthopedic Center Score	24
2.3.4	Statistik und Software	25
3	ERGEBNISSE	26
3.1	Demografische und operative Daten	26
3.1.1	Patientenkollektiv	26
3.1.2	Größe, Gewicht und Alter der Patienten	26
3.1.3	Body Mass Index	27
3.1.4	Seitenverteilung der Gonarthrose	27
3.1.5	Radiologische Untersuchung	28
3.1.6	Erstuntersuchungsbogen und Follow-up	28
3.1.7	Zeitraum zwischen Diagnose und Operation	28
3.1.8	Komplikationen	29
3.2	Subjektiver IKDC 2000 Score	29
3.2.1	IKDC-Gesamtscore im 1-Jahres-Follow-up	29
3.2.2	Kniesteife und Schwellung im 1-Jahres-Follow-up	30
3.2.3	Knieblockade und Ein-/Ausschnappen des Knies im 1-Jahres-Follow-up	31
3.2.4	Aktivitätsstufe im 1-Jahres-Follow-up	32
3.2.5	Sportliche Aktivitäten im 1-Jahres-Follow-up	33
3.2.6	Funktionsfähigkeit im 1-Jahres-Follow-up	35
3.2.7	IKDC-Gesamtscore im 2-Jahres-Follow-up	36
3.2.8	Kniesteife und Schwellung im 2-Jahres-Follow-up	37
3.2.9	Knieblockade und Ein-/Ausschnappen des Knies im 2-Jahres-Follow-up	38
3.2.10	Aktivitätsstufe im 2-Jahres-Follow-up	39
3.2.11	Sportliche Aktivitäten im 2-Jahres-Follow-up	40

3.2.12	Funktionsfähigkeit im 2-Jahres-Follow-up	42
3.3	Cincinnati Sportsmedicine and Orthopedic Center Score	43
3.3.1	Cincinnati-Gesamtscore im 1-Jahres-Follow-up	43
3.3.2	Schmerzen im 1-Jahres-Follow-up	45
3.3.3	Kniegelenksfunktion Gehen im 1-Jahres-Follow-up	46
3.3.4	Cincinnati-Gesamtscore im 2-Jahres-Follow-up	47
3.3.5	Schmerzen im 2-Jahres-Follow-up	49
3.3.6	Kniegelenksfunktion Gehen im 2-Jahres-Follow-up	50
3.4	Radiologische Auswertung.....	51
3.4.1	Achsen- und Winkelmaße.....	51
3.5	Korrelation der verschiedenen Variablen	52
3.5.1	Korrelation von patientenspezifischen Parametern	52
3.5.2	Korrelationen der radiologischen Auswertung	54
3.5.3	Korrelation der Scoring-Resultate.....	55
4	DISKUSSION	57
5	ZUSAMMENFASSUNG	65
6	LITERATURVERZEICHNIS	67
7	ANHANG.....	82
7.1	Abkürzungsverzeichnis	82
7.2	Subjektiver IKDC 2000 Score	83
7.3	Cincinnati Sportsmedicine and Orthopedic Center Score	87

1 EINLEITUNG

1.1 Grundlagen zur Gonarthrose

1.1.1 Definition und Epidemiologie

Unter der Gonarthrose versteht man eine langsam progrediente, nicht entzündliche degenerative Erkrankung des Kniegelenks, die sowohl den femoropatellaren, als auch den femorotibialen Gelenkanteil betreffen kann und schließlich in einer irreversiblen Zerstörung des Gelenkknorpels und anderer Gelenkstrukturen, wie umgebende Muskulatur, Knochen, Synovia und Gelenkkapsel mündet. Abhängig von der jeweiligen Knieachse und des Betroffenseins des medialen oder lateralen femorotibialen Kompartiments, kann darüber hinaus zwischen einer Varus- und einer Valgusgonarthrose unterschieden werden [1].

Arthrose ist die häufigste Gelenkerkrankung unserer Zeit [2]. So beträgt zum Beispiel die Prävalenz der klinisch manifesten Gonarthrose 6% [2, 3], wobei das Risiko, daran zu erkranken, mit steigendem Alter zunimmt [4].

Epidemiologische Studien zur Häufigkeit der Gonarthrose können, je nach untersuchter Altersgruppe, sehr unterschiedlich ausfallen. So weisen 16% der 50- bis 54-Jährigen radiologisch objektifizierbare Abnutzungserscheinungen im Kniegelenk auf, wobei der Anteil in der Altersgruppe der 70- bis 74-Jährigen auf bis zu 40% ansteigt [5]. Symptome, wie z.B. Knieschmerzen, geben allerdings nur 15% der Patienten mit einer radiologisch diagnostizierten Gonarthrose an [6]. Die Neuerkrankungsrate bei den über 70-Jährigen wird auf etwa ein Prozent pro Jahr geschätzt [7, 8]. Auch in der Geschlechtsverteilung lassen sich, je nach Alter, Unterschiede erkennen: Unter dem 45. Lebensjahr tritt die Gonarthrose häufiger bei Männern als bei Frauen auf, während sich das Verhältnis ab dem 55. Lebensjahr umkehrt [9, 10].

1.1.2 Ätiologie und Pathogenese

In der Ätiologie werden die primären (idiopathischen) von den sekundären Gonarthrosen unterschieden.

Den sogenannten primären Gonarthrosen liegen keine erkennbaren Ursachen zugrunde. Sie entstehen ohne erkennbare Faktoren von innen oder außen im Sinne eines rein degenerativen Verschleißes und werden per Ausschluss diagnostiziert. Sie stellen die häufigste Ursache für Schäden des Gelenkknorpels dar.

Unter sekundären Gonarthrosen versteht man Arthroseformen, deren Ätiologie vielfältig ist und die Wachstumsstörungen, Entzündungen, metabolische und endokrinologische Störungen, Fehlbelastungen und Traumen umfassen.

Pathogenetisch entsteht bei der Gonarthrose primär ein Knorpelschaden durch das gleichzeitige Wirken von destruktiven und reparativen Prozessen; sekundär folgen knöcherne Reaktionen als Versuch der Kompensation des Knorpelschwundes (subchondrale Sklerose) [112].

Als Ausgangspunkt dieser Vorgänge kann das Wirken mehrerer mechanischer und biochemischer Trigger angenommen werden, die zum Überschreiten der Toleranzschwelle des Knorpels führen. Bei der primären Gonarthrose handelt es sich bei diesen Triggern um das Wirken von Risikofaktoren, wie übermäßige Gelenkbelastung, Gelenkinstabilität, hohes Gewicht, genetische Disposition, Alter u. a. [1, 113]. In der Folge kommt es zu einer kompensatorischen Bildung von Matrixbestandteilen (hauptsächlich Proteoglykane und Kollagen Typ II), die verloren gegangen sind und zu einer Erweichung des Knorpels geführt haben. Hierbei entsteht allerdings kein neuer differenzierter Gelenkknorpel, sondern ein unreifer Faserknorpel, der weitaus weniger Belastbarkeit zeigt. Der subchondrale Knochen begegnet den erhöhten Beanspruchungen und veränderten Druckverhältnissen durch einen hyperostotischen Knochenumbau [11]; es kommt zur subchondralen Sklerosierung. Auch die synoviale Schleimhaut kann sich entzünden und entspricht wahrscheinlich dem klinischen Bild der aktivierten Arthrose. Als sekundäre Reaktion auf die veränderten Verhältnisse, v. a. die initial auftretende Ungleichheit der Gelenkflächen, bzw. die finale Instabilität des Gelenkes, können Schädigungen der Menisken, Bursen, ligamentären Strukturen und der Muskulatur beobachtet werden [115].

Die Diagnose der Gonarthrose wird heute häufig erst dann gestellt, wenn bereits irreversible Knorpel-/Knochenveränderungen bestehen [115].

1.2 Therapien der Gonarthrose

1.2.1 Konservative Therapien - Grundsätzliches

Konservative Therapieverfahren sind bis heute nicht in der Lage, die Progredienz der Erkrankung aufzuhalten [11].

Die Ziele der konservativen Behandlung der Gonarthrose sind daher:

- Vorbeugung und Früherkennung der Erkrankung
- Verlangsamung der Progredienz
- Verbesserung der Bewegungsfunktion bzw. Gehleistung
- Schutz vor Sekundärschäden
- Schmerzlinderung

[11, 13]

Das Hauptanliegen der Therapie bei Gonarthrose ist deren Prophylaxe [13, 14]. Dazu gehören - neben der Aufklärung - die Anpassung der Lebensweise und gegebenenfalls die Gewichtsreduktion des übergewichtigen Patienten. Mechanische Überbeanspruchungen des Kniegelenkes können durch optimales Schuhwerk mit guter Dämpfung und korrekter Ausführung der vom Patienten ausgeübten Sportart vermieden werden. Ähnliches gilt für ständige Zwangshaltungen, wie Hocken, Knien oder schweres Tragen, die bei der Berufswahl berücksichtigt werden sollten [11, 13].

1.2.1.1 Nichtpharmakologische Behandlung

Die Adipositas zählt zu den gut dokumentierten Risikofaktoren der Gonarthrose [15, 16]. So geht eine Gewichtsreduktion von 5 kg mit einer Reduktion symptomatischer

Gonarthrosen von 50% einher [17] und kann eine Steigerung der Mobilität bei Arthrosepatienten bewirken. Insbesondere im Frühstadium der Gonarthrose ist außerdem der Nutzen einer gezielten Bewegungstherapie mit physiotherapeutisch überwachtem Walking- und Muskelaufbautraining belegt [18, 19].

Bei bereits eingetretener Muskelatrophie steht die isometrische und isotonische Kräftigung der Muskeln durch Krankengymnastik und manuelle Therapie im Vordergrund [11, 12]. Durch die Wirkung auf das neuromuskuläre System wird die Muskelkraft gesteigert und der Muskeltonus gesenkt und kann durch Wärmeanwendung in jeder Form unterstützt werden [20]. Die Kryotherapie hingegen wird im Stadium der aktivierten Arthrose eingesetzt und kann durch kurzzeitige Anwendung eines Kältereizes den Muskeltonus senken und die Schmerzschwelle erhöhen [21, 22]. Bei akuten und chronischen Schmerzzuständen hat sich die Elektro- sowie die Ultraschalltherapie bewährt, wobei bei Letzterer die permeabilitätssteigernde Komponente zum Transport geeigneter Externa in tiefere Gewebsschichten (Ultraschallphonophorese) genutzt werden kann. Die Akupunktur als Ergänzung zur medizinischen Standardbehandlung zielt in erster Linie auf eine Minderung des subjektiven Schmerzempfindens und lässt deutliche Vorteile hinsichtlich der Schmerzreduktion und Funktionsverbesserung erkennen [23, 24, 25].

Mit Hilfe von orthopädietechnischen Maßnahmen kann in verschiedenen Stadien der Erkrankung eine Entlastung der betroffenen Gelenke erreicht werden. So kommen orthopädische Hilfsmittel, wie Einlagen, weiche Fersenpuffer, Kniebandagen und Gehstöcke zum Einsatz. Bei Achsfehlstellungen des Beines entlastet eine Schuhaußenranderhöhung bei Varusarthrose das mediale Kniegelenkkompartiment und eine Innenranderhöhung bei einer Valgusgonarthrose den lateralen Kniegelenkspalt [26].

1.2.1.2 Pharmakologische Behandlung

Bei der Pharmakotherapie der Gonarthrose stehen Schmerzlinderung und Entzündungshemmung im Vordergrund, wobei zum Erreichen des therapeutischen Zieles folgende Substanzklassen zum Einsatz kommen:

- Analgetika/Antiphlogistika
- Glukokortikoide
- Opioide
- Myotonolytika
- Externa
- SYSADOA („symptomatic slow acting drugs in osteoarthritis“)
- Antizytokine

[11, 13]

Im Frühstadium der Gonarthrose, wenn keine begleitende Entzündung vorliegt und die Schmerzbehandlung im Vordergrund steht, sind Analgetika das Mittel der Wahl. Nichtsteroidale Antiphlogistika (NSA), auch nichtsteroidale Antirheumatika (NSAR) genannt, werden im Falle einer aktivierten Arthrose den reinen Analgetika vorgezogen, da sie durch Hemmung der Cyclooxygenase bzw. Prostaglandinsynthese neben dem analgetischen Effekt auch antiphlogistisch und antipyretisch wirken [27, 28]. Eine Kombination von NSAR ist zu vermeiden, da dies die Wahrscheinlichkeit von Nebenwirkungen, wie Gastro- und Duodenalulzerationen und Nierenschädigungen stark erhöhen kann [29, 11]. Generell ist eine gute Wirkung und Verträglichkeit für Paracetamol, Ibuprofen und Diclofenac nachgewiesen [30, 31, 32, 33]. Opioide hingegen sollten nach Empfehlungen der European League of Arthritis and Rheumatism (*EULAR*) erst dann zum Einsatz kommen, wenn die Schmerzen refraktär sind oder Kontraindikationen gegen oben genannte Substanzen bestehen [34].

Intraartikuläre Glukokortikoidinjektionen können durch ihre antiinflammatorischen, antiallergischen und membranstabilisierenden Eigenschaften bei akuter Schmerzexazerbation, insbesondere bei gleichzeitigem Gelenkerguss, indiziert sein [28, 35, 36, 37]. Sie kommen in Form von Kristallsuspensionen (z.B. Triamcinolonhexacetonid) zum Einsatz, um eine hohe lokale Wirksamkeit mit möglichst geringen systemischen Nebenwirkungen zu garantieren. Der zeitliche Abstand der intraartikulären Injektionen sollte 4 Wochen nicht unter- und die Häufigkeit von 4 Applikationen/Jahr nicht überschreiten, da Kortikosteroide die Biosynthese der Proteoglykane und des Kollagens inhibieren können [29,11]. In Ausnahmesituationen, z. B. bei hochgradig schmerzhaften Muskelverspannungen, können Myotonolytika durch ihre muskelrelaxierende Wirkung und zusätzlich sedierende Wirkung kurzfristige Linderung verschaffen [11].

Nach einer Empfehlung der *Osteoarthritis Research Society International* zählen Hyaluronsäure, D-Glukosaminsulfat, Chondroitinsulfat und Diacerein zu der Gruppe der Medikamente mit verzögertem Wirkungseintritt [„slow acting drugs in osteoarthritis“ (SADOA)], die im Gegensatz zu den COX-2-Hemmern nicht die Prostaglandinsynthese beeinträchtigen [13]. Bei intraartikulärer Applikation kann eine Besserung der Beschwerdesymptomatik und Gelenkfunktion erzielt werden [38, 39, 40].

Erst nach Ausschöpfung und Versagen der konservativen Therapie sind operative Versorgungsmöglichkeiten indiziert.

1.2.2 Operative Therapien - Indikation und Therapieoptionen

Der Verlauf einer Gonarthrose ist meist progredient mit Phasen der Stagnation. Das therapeutische Vorgehen richtet sich nach der Ursache, Defektgröße und -tiefe, den Begleittläsionen und Lokalisationen, sowie den vorhandenen Grunderkrankungen [41]. Das amerikanische *NIH* (National Institute of Health) und die *EULAR* (European League Against Rheumatism) nennen einstimmig OP-Indikationen für Patienten mit Dauerschmerzen, die gegenüber pharmakologischer Therapie resistent sind oder erhebliche Funktionseinbußen mit radiologischen Zeichen einer Arthrose aufweisen [42, 43, 34]. Standardisierte OP-Indikationen und großangelegte prospektiv randomisierte Studien fehlen allerdings auch weiterhin. So beruhen Therapieempfehlungen zur Behandlung von Knorpeldefekten zum größten Teil auf Erfahrungswerten [44, 41].

Zum Erhalt des Kniegelenkes stehen mehrere operative Techniken mit unterschiedlicher Zielsetzung zur Verfügung. Das arthroskopische Débridement im Frühstadium der Gonarthrose stellt heute eine Routinemethode dar und kann, eventuell kombiniert mit einer Synovektomie und Gelenkspülung (Lavage) [45], zu einer Elimination von Detritus und Entzündungsmediatoren führen. Die Anbohrung des subchondralen Knochens nach Pridie [46], die flächige Resektion der subchondralen Kortikalis nach Ficat [47] oder das vor allem in den USA angewandte Microfracturing [48] können die sekundäre Bildung von Ersatzknorpel (Faserknorpel) und die Gleitfähigkeit der artikulierenden Gelenke verbessern. Alternative Verfahren mit weiter

Verbreitung und Erfolg versprechenden Ergebnissen stellen die autologe Chondrozytentransplantation (ACT) [50, 51] und die autologe osteochondrale Transplantation dar [49].

Bei der Gelenkersatzoperation (Endoprothese) wird durch den künstlichen Ersatz der destruierten Gelenkpartner eine Schmerzlinderung und Verbesserung der Mobilität und Lebensqualität erreicht. Die unikompartimentelle Endoprothese (Schlittenprothese) kommt bei streng einseitiger Arthrose in Betracht, wenn Verfahren zur Knorpelregeneration oder Umstellungsosteotomien nicht mehr indiziert sind [52]. Kontraindikationen sind Übergewicht, Achsfehler und Streckdefizite von mehr als 10°, eine erhebliche Insuffizienz der Kreuzbänder und ein degenerativ verändertes femoropatellares Gleitlager [53]. Durch Verbesserung der Implantate konnte die 10-Jahres-Überlebensrate auf 98% gesteigert werden [54, 55, 56]. Die Totalendoprothese (TEP) wird vor allem bei älteren Patienten mit komplett arthrotischem Kniegelenk eingesetzt und führt neben einer Schmerzreduktion zu einer verbesserten Funktion und einer Korrektur der Achsdeviation [117]. Aufgrund einer nachgewiesenen Prothesen-Überlebensrate von 99% nach 13 Jahren wurde die Indikation für den Ersatz von zerstörten Gelenkanteilen auf den jüngeren, aktiven Patienten erweitert [57].

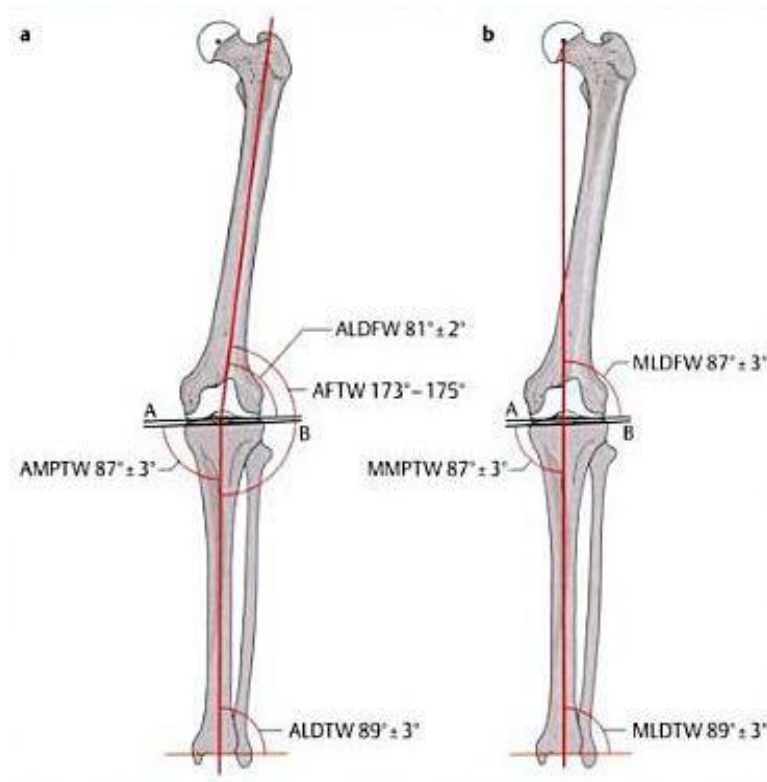
Kniegelenknahe Umstellungsosteotomien zur Achsenkorrektur zählen zu den gelenkerhaltenden Operationen. Hierbei wird je nach anatomischen Verhältnissen die hohe tibiale Umstellungsosteotomie (HTO) bzw. die suprakondyläre Femurosteotomie mittels Closed- oder Open-Wedge-Technik vorgenommen. Im Folgenden wird lediglich näher auf die hohe tibiale Umstellungsosteotomie eingegangen, da sie mit Open-Wedge-Technik in dieser klinischen Studie zur Anwendung kommt.

1.3 Hohe Tibiakopfosteotomie (HTO) bei medialer Gonarthrose

1.3.1 Bestimmung von Achsen und Winkeln am Kniegelenk

Bei der Betrachtung der Achsenverhältnisse von Femur und Tibia muss zwischen anatomischer und mechanischer Achse unterschieden werden. Die Mittelschaftlinien von Femur und Tibia entsprechen den anatomischen Achsen und bilden einen nach lateral offenen Winkel von $173^\circ - 175^\circ$. Dieser anatomische femorotibiale Winkel (AFTW) setzt sich aus dem anatomisch lateralen distalen Femurwinkel (ALDFW) mit $81^\circ \pm 2^\circ$ und dem anatomisch medialen proximalen Tibiawinkel (AMPTW) mit $87^\circ \pm 3^\circ$ zusammen (Abb. 1a). Die mechanische Femurschaftachse hingegen stellt die Verbindungslinie von Hüftkopf- zu Kniegelenkzentrum dar und bildet mit der anatomischen Achse des Femurs einen Winkel von $6^\circ \pm 1^\circ$ [58]. Die mechanische und die anatomische Achse der Tibia verlaufen nahezu deckungsgleich. Die mechanische Tragachse, die sogenannte Mikulicz-Linie, verläuft von der Mitte des Hüftkopfes bis zur Mitte des oberen Sprunggelenkes und schneidet unter physiologischen Bedingungen das Kniegelenkzentrum $4 (\pm 2)$ mm medial [59]. Diese Linie kann neben dem anatomischen und mechanischen femorotibialen Winkel zur Quantifizierung der Beinachsen dienen. So verläuft beispielsweise die mechanische Tragachse beim Genu varum mehr als $4 (\pm 2)$ mm medial des Kniegelenkzentrums und der Winkel zwischen anatomischer Femur- und Tibiaachse ist größer als $173^\circ - 175^\circ$ [58].

Abb.1 **Darstellung der Achsen und Gelenkwinkel in der Frontalebene [60]**
a) Anatomische Achsen und Gelenkwinkel mit Normwerten
b) Mechanische Achsen und Gelenkwinkel mit Normwerten
A = Femurkondylentangente
B = Tibiaplateautangente



1.3.2 Ziel der hohen Tibiakopfosteotomie

Zielsetzung der hohen Tibiakopfosteotomie ist immer die Achsenkorrektur mit Verlagerung der Traglinie in Richtung des weitgehend gesunden Gelenkkompartiments (weight-transferring-osteotomy), sowie die Funktionsverbesserung und Schmerzreduktion [61, 11]. Zur Operationsplanung wird immer die Traglinie, die mechanische oder die anatomische Beinachse verwendet. *Coventry* schlug die Verwendung der anatomischen Beinachse und einen

postoperativen Valguswinkel von wenigstens 8° vor [62]. *Hernigou et al.* hingegen verwendete die mechanische Achse zur postoperativen Beurteilung und empfahl einen Valguswinkel zwischen 3° und 6° [63]. Als genauester Parameter wird in der neueren Literatur die Position der Traglinie in Relation zur Tibiaplateaubreite angesehen [64]. Hierbei wird die mediale Begrenzung des Tibiaplateaus mit 0% angegeben, die laterale hingegen mit 100%. Grundlage für die Bestimmung des Zielwertes bildet die 1979 von *Fujisawa et al.* durchgeführte Studie, die nur dann abheilende Knorpelulzerationen nach HTO beschrieb, wenn die Traglinie postoperativ das laterale Tibiaplateau im Bereich seiner Weite von 30 - 40% in Relation zum Kniegelenkzentrum durchzog [65]. *Noyes et al.* definierte schließlich für den Verlauf der mechanischen Achse in Relation zur Tibiaplateaubreite die Koordinate von 62%, die heute von einigen Autoren auch als „Fujisawa-Punkt“ bezeichnet wird [66, 67, 68].

1.3.3 Indikationen und Kontraindikationen der hohen Tibiakopfeosteotomie

Bei strenger Indikationsstellung sind gute mittelfristige Ergebnisse bei einer durchgeführten HTO zu erzielen, so dass der Zeitraum bis zur Implantation einer Endoprothese prolongiert werden kann.

Indikationen für die Ausführung einer Korrekturosteotomie sind:

- Unikompartimentelle mediale Gonarthrose
- Varusdeformität der unteren Extremität
- Patienten unter 65 - 70 Jahre mit körperlichem Aktivitätsanspruch [114]
- Knieflexion mindestens 90°

Als Begleiteingriff wird die HTO bei Techniken zur Reparatur fokaler Knorpelschäden (Osteochondraler autologer Transfer, autologe Chondrozytentransplantation, matrixassoziierte Chondrozytenimplantation und Kollagenmeniskusimplantation) angewandt [60].

Kontraindikationen stellen dar:

- Fehlende Kooperation
- Adipositas
- Schwere Osteoporose
- Ligamentäre Instabilität
- Beugung $< 60^\circ$
- Streckdefizit $> 15^\circ$
- Außenmeniskusverlust
- Systemische oder lokale Entzündung
- Unzureichende Weichteilverhältnisse an der proximalen medialen Tibia
- Arthrose oder Knorpelschäden des lateralen Kompartiments

[60, 61]

1.3.4 Präoperative Planung der hohen Tibiakopfosteotomie

Da der Therapieerfolg besonders von der exakten Bestimmung des Korrekturwinkels abhängt [70], ist es unerlässlich, eine sorgfältige präoperative Planung der hohen tibialen Umstellungsosteotomie durchzuführen. Gegenwärtig existiert noch kein einheitliches, standardisiertes Planungsverfahren, so dass abhängig von der Autorengruppe unterschiedliche Methoden empfohlen werden [62, 66, 64]. An dieser Stelle wird näher auf die Planungsmethode nach *Miniaci et al.* [66] bei öffnender Tibiakopfumstellungsosteotomie eingegangen, da sie ebenfalls in der klinischen Studie verwendet wurde.

In der Ganzbeinstandaufnahme (Abb. 2) wird zunächst die mechanische Beinachse eingezeichnet (Linie 1) und eine Linie vom Hüftkopfbereich durch die 62%-Weite der Gesamtbreite des Tibiaplateaus lateral des Kniegelenkzentrums („Fujisawa-Punkt“) gezogen, die auf Höhe des oberen Sprunggelenkes endet (Linie 2). Diese Linie stellt die postoperativ gewünschte Mikulicz-Linie dar. Eine dritte Linie verbindet dann das Drehzentrum der Open-Wedge-Osteotomie (Punkt A) - das in Höhe des proximalen Tibiofibulargelenkes liegt und den Endpunkt der geplanten horizontalen Osteotomie darstellt - mit dem aktuellen Zentrum des Sprunggelenkes (Linie 4). Der zu öffnende

Korrekturwinkel bei einer aufklappenden tibialen Umstellungsosteotomie (Winkel Alpha) liegt dann zwischen letztgenannter Linie und der Verbindungslinie zwischen dem Drehzentrum der Osteotomie und dem Ende der postoperativ geplanten mechanischen Beinachse (Linie 3).



Abb.2 Planungsmethode nach *Miniaci et al.*

1.3.5 Operationstechniken der hohen Tibiakopfoosteotomie

Die Pendel- und Domosteotomie [71] wird heute weit weniger angewandt als die Closed-Wedge- oder Open-Wedge-Osteotomie. Bei der Domosteotomie wird die Tibia bogenförmig in der Ebene der Fehlstellung osteotomiert und danach wie ein Pendel in die korrekte Position gedrängt (Abb. 3c). Dies erlaubt dem Operateur zwar eine flexible

intraoperative Justierbarkeit, jedoch ist diese Art der Osteotomie technisch aufwändig und erfordert oftmals einen Doppelzugang [72].

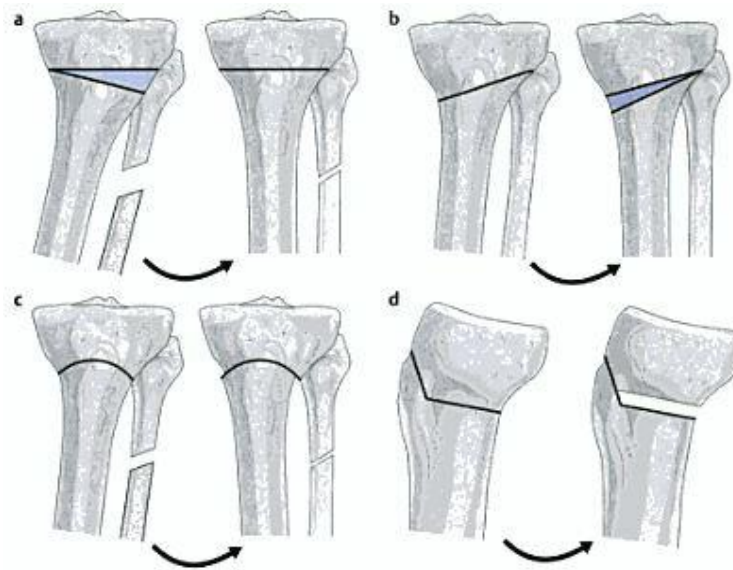


Abb. 3 Osteotomien an der proximalen Tibia [73]:
(a) zuklappende, (b) aufklappende, (c) domförmige und
(d) biplanar-aufklappende Osteotomie

Die zuklappende oder subtraktive Osteotomie („Closed-Wedge-Osteotomie“) wurde erstmals von *Coventry* [74] beschrieben und etabliert. Hierbei wird eine zweifache laterale supratuberkuläre Osteotomie der proximalen Tibia durchgeführt und ein Knochenkeil entsprechender Größe reseziert. Die mediale Kortikalis bleibt intakt und die Osteotomieflächen werden unter Kompression mit Hilfe von verschiedenen Osteosyntheseverfahren oder seltener mit einem Fixateur externe stabilisiert. Die Anlagerung von zwei großen metaphysealen Flächen bietet den Vorteil eines postoperativ stabilen Ergebnisses mit einer früheren Belastbarkeit des betroffenen Beines und einer schnelleren knöchernen Konsolidierung [75]. Die Fibula muss außerdem, ebenso wie bei der domförmigen Osteotomie, verkürzt werden, um ihre Sperrwirkung bei der Korrektur aufzuheben. Dies kann zum Druckschaden des N. peroneus bzw. zur Verletzung des motorischen Astes führen [76]. Eine weitere seltene, aber schwerwiegende Komplikation ist das Kompartmentsyndrom, weshalb der Fibuladefekt vor Faszien- und Wundverschluss ohne Blutsperre bezüglich einer Nachblutung kontrolliert werden sollte [77]. Die Closed-Wedge-Osteotomie stellt mit 63% aller Umstellungsosteotomien die meist praktizierte OP-Technik dar [78].

Bei der aufklappenden oder öffnenden Osteotomie („Open-Wedge-Osteotomie“) werden einige Nachteile der schließenden Osteotomie vermieden. So ist das Weichteiltrauma deutlich geringer, da in Folge des medialen Zugangs keine Muskelablösung erforderlich ist, der Korrekturwinkel kann intraoperativ variabel eingestellt werden und die Gefahr einer Läsion des N. peroneus ist stark reduziert [69, 73]. Bei der Open-Wedge-Methode führt die Osteotomielinie von mediokaudal nach lateroproximal. Die Osteotomie ist biplanar und steigt im Winkel von 135° retrotuberositär zur Hauptebene an (Abb. 3d). Durch diesen Schritt wird die Stabilität der Osteotomie erhöht. Nach lateral bleibt eine Knochenbrücke von etwa 10 mm erhalten, die durch langsame Öffnung der Osteotomie plastisch deformiert wird. Die Größe des keilförmigen Spaltes hängt vom geplanten Korrekturausmaß ab. Während der Umstellung können bei zusätzlich vorhandenen anterioren oder posterioren Bandinstabilitäten diese durch Änderung der Tibiagelenkfläche („tibial slope“) korrigiert werden. Optional ist die Auffüllung der Osteotomie mittels osteokonduktiven Materialien oder autologer Spongiosa, wobei das Ausmaß von der Rigidität der Fixation abhängig ist. In der Literatur finden sich einige Arbeiten, in denen der Spalt mit diesen Materialien aufgefüllt wurde [79, 80, 81, 82, 116]. Das Ziel von neueren Verfahren stellt allerdings die Verwendung von winkelstabilen Plattenfixateuren dar, die bis 13 mm Öffnungshöhe ohne zusätzliche Knochentransplantation auskommen sollen [69, 83]. So sind in den vergangenen Jahren verschiedene Implantate entwickelt worden, die das Risiko eines frühen Korrekturverlustes reduzieren und die Stabilität bei öffnenden Tibiakopfosteotomien verbessern. Die größte Verbreitung im deutschsprachigen Raum stellt die „Puddu-Platte“ [84] mit integriertem Abstandshalter dar. Als weiteres Verfahren zur rigiden Fixation gibt es die „Locking Compression Plates“ (LCP) der Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen (AO). Das System aus einem winkelstabilen Platten- und Schraubenverbund hat sich bei der Frakturversorgung als sogenannter „interner Fixateur“ etabliert [85]. Anfang 2000 wurde es weiterentwickelt und kam unter dem Namen *TomoFix* (Mathys Medizinaltechnik AG, Bettlach, Schweiz) zur Fixation von kniegelenknahen Umstellungsosteotomien auf den Markt [91]. Die Idee hinter dieser Entwicklung war die Anpassung der Unterschenkel-„Less Invasive Stabilization System“ (LISS)-Platte an die Ansprüche der proximalen Tibiakopfosteotomie [86] und Studienergebnisse belegen das große Korrekturpotenzial für uni- als auch für multiplanare Deformitätenkorrekturen unabhängig vom Auffüllen des Osteotomiespaltes [87].

1.3.6 Prognosefaktoren und Ergebnisse der hohen Tibiakopfeosteotomie

Schlechte klinische Ergebnisse nach valgisierender hoher Tibiakopfeosteotomie sind oftmals assoziiert mit hohem Lebensalter [88, 89], Adipositas [74], Unterkorrektur und früher Revarisierung [90]. Darüber hinaus gewinnt in jüngster Zeit der sogenannte konstitutionelle tibiale Varuswinkel zur Unterscheidung von einer anlagebedingten knöchernen Varusstellung und einer verschleißbedingten varisch erscheinenden Tibia an Bedeutung [89]. Er wird anhand einer konventionellen anterior-posterioren (a.p.)-Röntgenaufnahme bestimmt und bezeichnet dort den Winkel zwischen der Linie, die vom Mittelpunkt der Kreuzbandhöcker durch den Mittelpunkt der ehemaligen proximalen Tibiametaphyse zieht und der Linie der mechanischen Tibiaachse. Beträgt dieser Winkel mindestens 3 - 5°, liegt eine rein ossäre tibiale Varusstellung vor und die klinischen Ergebnisse sind dann vielversprechender als bei verschleißbedingter Absenkung des medialen Plateaus und physiologischen Achsenverhältnissen [89].

Die Erfolge nach einer hohen Tibiakopfeosteotomie werden in der Literatur unterschiedlich beschrieben, da das klinische Outcome von vielen Faktoren, wie beispielsweise von der richtigen Patientenselektion, von der adäquaten präoperativen Planung und von der Präzision der chirurgischen Technik beeinflusst wird [92].

Einige Studien belegen, dass mit der Verlagerung der mechanischen Längsachse aus dem medialen Kompartiment ein Überzug der Gelenkoberfläche mit Faserknorpel einhergeht [65, 93, 94]. *Shapiro et al.* dokumentierte sogar die Regeneration von Gelenkknorpel [95]. Etliche Autoren untersuchten ihre Patienten 1 - 2 Jahre nach valgisierender hohen Tibiakopfeosteotomie arthroskopisch und konnten ebenfalls zeigen, dass ein Knorpelersatz durch Faserknorpel erfolgt und der hyaline Knorpel eine verstärkte proliferative Zelldichte aufweist [96, 97]. Zwar war zunächst keine Korrelation zwischen klinischem Outcome und dem Maß der Knorpelregeneration erkennbar [98], *Kanamiya et al.* konnte allerdings die Verbindung zwischen sichtbarer Verbesserung der Knorpeloberfläche, Funktionsscore und Winkelkorrekturmaß nachweisen [96].

Für die lateral schließende Tibiakopfeosteotomie können die klinischen Ergebnisse meist als zufriedenstellend bis gut beurteilt werden [99, 100]. Langzeitergebnisse zeigen jedoch, dass der klinische Erfolg mit der Zeit wieder abnimmt und sich bei 50% der osteotomierten Patienten nach 10 Jahren verschlechtert [74, 101]. Dies kann am

ehesten mit dem Verlust des primären Korrekturwinkels erklärt werden [102]. Zum Vergleich der lateral schließenden mit der medial öffnenden Tibiakopfosteotomie können aktuell mehrere Studien aufgeführt werden [103, 146, 147, 149], die für beide Techniken ohne signifikante Unterschiede eine Verbesserung der Kniefunktion und eine Schmerzreduktion beschreiben.

Eine vermehrte Knorpelregeneration mit einem verbesserten klinischen Ergebnis nach hoher Tibiakopfosteotomie zeigte sich bei Kombinationseingriffen von ebendieser und Knorpel-Oberflächentherapien, wie der Abrasionsarthroplastik [104, 105], Pridie-Bohrungen [105] und dem Gelenkdébridement [106]. Es existieren weiterhin Versuche, mittels einer gleichzeitigen Stimulierung der Knorpelregeneration durch mesenchymale Stammzellen [107], isolierte Chondrozyten und Wachstumsfaktoren [108] die Langzeitergebnisse zu verbessern.

1.4 Fragestellung

Anhand einer retrospektiven klinisch-radiologischen Untersuchung sollen folgende Punkte zur valgusierenden öffnenden Tibiakopfumstellungsosteotomie mit winkelstabilen Plattenfixateuren bei Patienten mit medialer Gonarthrose geklärt werden:

- Wie verhalten sich die klinischen Ergebnisse während eines 2-Jahres-Follow-up?

Dies insbesondere im Hinblick auf die Patientenbeurteilung durch den Subjektiven IKDC 2000 Score und den Cincinnati Sportsmedicine and Orthopedic Center Score

- Wie verhalten sich die radiologischen Kenndaten im 2-Jahres-Follow-up?

Dies mit besonderem Fokus auf die Quantifizierung der postoperativen Korrektur (radiologische Kontrolle der Beinachse postoperativ) relativ zur präoperativen Planung bei der valgusierenden öffnenden Tibiakopfosteotomie

2 MATERIAL UND METHODE

2.1 Patientenrekrutierung und Auswahlkriterien

Bei der durchgeführten Untersuchung handelt es sich um eine klinische Retrospektivstudie. Alle Patienten wurden in die Studie aufgenommen, die im Zeitraum von 2008 bis 2011 mit einer valgisierenden öffnenden Tibiakopfosteotomie im Universitätsklinikum Regensburg, dem Caritas Krankenhaus St. Josef in Regensburg und der Asklepios Klinik St. Wolfgang versorgt wurden.

Voraussetzung für die Eingliederung in die Studie war eine primäre Gonarthrose. Patienten mit einer rheumatoiden Arthritis oder anderen Erkrankungen des rheumatischen Formenkreises wurden von der Teilnahme ausgeschlossen. Zudem wurden ausschließlich jene Patienten betrachtet, die aufgrund einer Varusfehlstellung der proximalen Tibia operiert wurden, während Patienten mit Fehlstellungen des distalen Femur nicht in die vorliegende Arbeit einbezogen wurden.

Aus den Akten der Patienten wurden allgemeine Daten über die Person, wie Name, Alter, Gewicht, Größe und Geschlecht erhoben. Es wurde das Operationsdatum, die betroffene Seite und das entsprechende System des Plattenfixateurs erfasst, sowie die prä- und postoperative Beinachse (varus oder valgus) dokumentiert.

2.2 Operationsverfahren

2.2.1 Präoperative Planung

Für jeden Patienten wurde die präoperative Planung der hohen tibialen Umstellungsosteotomie anhand von a.p.-Ganzbeinstandaufnahmen nach der unter Kapitel 1.3.4 beschriebenen Methode von *Miniaci et al.* durchgeführt. Zusätzlich wurde direkt vor der geplanten Operation eine Bestimmung des mechanischen lateral distalen Femurwinkels und des mechanischen medial proximalen Tibiawinkels vorgenommen, die idealerweise beide jeweils $87^\circ \pm 3^\circ$ zur Femurkondylentangente

bzw. Tibiaplateautangente stehen. Je nach Größe der Winkelabweichung wurde daher eine femorale oder tibiale Korrektur durchgeführt.

2.2.2 Operationstechnik der valgisierenden öffnenden Tibiakopfosteotomie

Zu Beginn erfolgte nach Anlegen einer Blutsperre (350 mmHg) zunächst eine diagnostische Arthroskopie zur Beurteilung von Menisken, Kreuzbändern und des Gelenkknorpels. Hierbei wurde die Indikation zur Umstellungsosteotomie überprüft. Anschließend erfolgte ein schräger anteromedialer Zugang zum Tibiakopf von 6 cm Länge. Nach Durchtrennung von Subkutis und Faszie erfolgte die schichtweise Präparation des Pes anserinus und des medialen Seitenbandes. Der superfizielle Anteil des Seitenbandes wurde im Längsverlauf eingeschnitten und nach distal abgelöst. Zum Schutz der Gefäß- und Nervenstrukturen wurde an der posteromedialen Seite der Tibia ein Retraktor eingebracht. Unter radiologischer Kontrolle wurden parallel zum Gelenkspalt zwei Kirschnerdrähte als Führungshilfen für die Osteotomie eingebracht und darauf geachtet, dass die Osteotomie in Richtung auf das obere Drittel des Tibiofibulargelenks ausgerichtet wurde. Unterhalb der beiden Führungsdrähte, die als Führungsschiene dienten, erfolgte die horizontale Osteotomie mit einer oszillierenden Säge niedriger Geschwindigkeit. Nach Erreichen der geplanten horizontalen Osteotomiebreite im Bereich der dorsalen zwei Drittel der Tibia erfolgte in der Frontalebene der um 140° aufsteigende Sägeschnitt. Bei dem ansteigend verlaufenden Schnitt wurde die Kortikalis auch auf der Lateralseite komplett osteotomiert und die Patellasehne mit einem Retraktor geschützt. Der gesamte Sägevorgang wurde langsam mit geringem Druck und unter ständiger Kühlung des Sägeblattes durch Spülung durchgeführt.

Im weiteren Verlauf erfolgte die vorsichtige, schrittweise Eröffnung des Osteotomiespaltes unter Zuhilfenahme von Meißeln, um eine plastische Verformung des lateralen Kortex zu bewirken und eine Fraktur zu vermeiden. Nachdem die geplante Öffnungshöhe erreicht und der Arthrodesenspreizer eingebracht wurde, erfolgte die Entfernung der zuvor eingebrachten Meißel. Unter radiologischer Kontrolle der Beinachse erfolgte die präzise Einstellung des Korrekturwinkels auf den Fujisawabereich. Hierbei sollte die Traglinie im lateralen Kompartiment ungefähr am

62%-Punkt der Tibiaplateaulinie liegen [65] und gegebenenfalls durch weiteres Öffnen oder Schließen des Arthrodesenspreizers korrigiert werden. Unter weiterer radiologischer Kontrolle erfolgte die Ausrichtung des Plattenfixateurs (winkelstabile *TomoFix*-Platte) mit anschließender proximaler und distaler Schraubenfixierung, wobei der Osteotomiespalt bei Korrekturen unter 10° nicht mit Spongiosa oder einem Knochenersatzmaterial aufgefüllt wurde. In einer abschließenden Röntgenkontrolle wurde die Plattenlage sowie die Schraubenplatzierung beurteilt und dokumentiert. Es erfolgte eine erneute ausführliche Spülung und die Einlage einer tiefen 12-er Redondrainage auf Sog. Die Faszie wurde mit Einzelknopfnähten mittels 2-er Vicrylfaden und die Subkutanschicht mit invertierenden Einzelknopfnähten mittels 0-er Vicrylfäden verschlossen. Der Hautverschluss erfolgte mit fortlaufender Naht. Abschließend wurde ein steriler Verband angelegt sowie das gesamte Bein bis zum Oberschenkel gewickelt.

2.2.3 Nachbehandlung

Direkt am ersten postoperativen Tag wurde mit der kontinuierlichen passiven Kniebewegung auf der motorbetriebenen Bewegungsschiene (continuous passive motion = CPM) begonnen und physiotherapeutische Übungen, wie isometrische Quadrizepsanspannung zur Vermeidung einer Quadrizepsatrophie, verordnet. Während der darauffolgenden sieben Tage wurde die Kniegelenkbeugung mit Hilfe einer Mecronschiene auf 0° limitiert und die Mobilisation an Unterarmgehstützen unter Teilbelastung mit 15 kg Körpergewicht fortgeführt. Begleitend erfolgten in regelmäßigen Abständen manuelle Lymphdrainagen, um einer Lymphödembildung entgegenzuwirken. Ab der sechsten postoperativen Woche erfolgte eine Röntgenkontrolluntersuchung des Kniegelenks und der proximalen Tibia, so dass bei regelrechtem Befund den Patienten die Freigabe zur Vollbelastung gegeben wurde. Eine milde sportliche Belastung in Form von Fahrradfahren und Schwimmen wurde dem Patienten nach drei Monaten gestattet. Entsprechend der Wundheilung wurden die Hautfäden oder -klammern ab dem 10. postoperativen Tag entfernt.

Die einliegende Platte konnte wiederum bei ausreichender knöcherner Konsolidierung nach ca. 12 Monaten entfernt werden.



Abb. 4 Radiologische Kontrolle postoperativ und nach Plattenentfernung

2.3 Bewertungsparameter

2.3.1 Radiologische Auswertung der Ganzbeinstandaufnahme

Zur radiologischen Auswertung bzw. Achsenausmessung wurde vor der operativen Therapie und mindestens einmal postoperativ von jedem Patienten eine Ganzbeinstandaufnahme angefertigt. Diese wurde im anterior-posterioren Strahlengang vorgenommen, in der sowohl Hüftkopf als auch Sprunggelenk zur Abbildung kommen.

Nach Aufrufen der gewünschten digitalisierten Röntgenaufnahme in der Bild- und Dokumentenarchiv-Software *mediDOK* wurde mit der Winkelmessfunktion der mechanische tibiofemorale Winkel ermittelt (Abb. 5). Hierzu wurde die mechanische Achse für Tibia und Femur getrennt ermittelt. Die tibiale Tragachse wurde als Verbindungslinie zwischen der Talusmitte und der Mitte des Tibiaplateaus definiert. Die femorale Tragsache ergab sich als Verbindung zwischen Kniegelenksmittelpunkt und Hüftkopffzentrum. War der Innenwinkel größer bzw. kleiner als 180° , hielten wir die Differenz dieses Winkels zu 180° als Valgus (Minus-Grad)- bzw. Varus (Plus-Grad)-Abweichung fest.



Abb. 5 **Ganzbeinstandaufnahme präoperativ mit mechanischer Beinachse und Winkel**
(hier gezeigt mit der Software *mediDOK*)

2.3.2 Subjektiver IKDC 2000 Score

Verwendet wurde das Formblatt zur subjektiven Beurteilung des Knies, welches als Bestandteil des IKDC-Evaluationsbogens im Jahr 2000 durch das International Knee Documentation Committee (IKDC) weiterentwickelt wurde (siehe Anhang 7.2). Es gilt als eine zuverlässige und anerkannte Methode zur Erfassung der subjektiven Beurteilung des Kniegelenks durch den Patienten in Bezug auf Symptome, sportliche Aktivität und Funktion [109, 110]. Von insgesamt 18 Fragen beziehen sich die ersten sieben im ersten Abschnitt auf Symptome, Schmerz, Gelenksteife, Schwellung und Gangunsicherheit. Im zweiten Abschnitt werden zehn Fragen zum Bereich „Sportliche

Aktivität“ und im dritten Abschnitt die Frage zum Thema „Funktionsfähigkeit des Knies“ gestellt.

Für die Auswertung bzw. Berechnung des Fragebogens erhielten die Antworten auf die einzelnen Fragen einen Zahlenwert, wobei 1 die höchste Symptomstufe bzw. die niedrigste Funktionsstufe darstellte. Unter Frage 1 (höchste regelmäßig durchführbare Aktivitätsstufe ohne Schmerzen) wurde der Antwort „Ich kann aufgrund meiner Schmerzen im Knie keine der oben genannten Aktivitäten ausführen“ ein Punkt zugeordnet, während mit der Antwort „Sehr anstrengende Aktivitäten wie Springen oder Drehbewegungen bei einseitiger Fußbelastung (Basketball oder Fußball)“ fünf Punkte zu erreichen waren. Unter Frage 2 (Häufigkeit der Schmerzen in den vergangenen vier Wochen oder seit dem Auftreten der Verletzung) erhielt die Antwort „ständig Schmerzen“ einen Punkt und „Nie“ elf Punkte. Die Antwort auf den Punkt „Funktionsfähigkeit vor der Knieverletzung“ in Frage 10 wurde nicht in die Gesamtpunktzahl miteinbezogen.

Zur Ermittlung des Gesamtergebnisses wurden die Einzelergebnisse addiert und dann folgendermaßen zu einer Skala mit dem Bereich 0 bis 100 transformiert:

$$\frac{\text{Rohergebnis} - \text{Niedrigstmögliche Punktzahl}}{\text{Punktzahlbereich}} = \text{IKDC-Ergebnis}$$

Hierbei stellte die niedrigstmögliche Punktzahl 18 und der mögliche Punktzahlbereich den Wert 87 dar.

Wenn also beispielsweise die für die 18 Fragen berechnete Punktzahl 60 betrug, so wurde das IKDC-Ergebnis wie folgt berechnet:

$$\frac{60 - 18}{87} \times 100 = 48,3 \quad (\text{IKDC-Ergebnis})$$

Dieses umgewandelte Ergebnis diente als Maßstab für die Funktionsfähigkeit des Kniegelenkes, wobei höhere Punktzahlen eine höhere Funktionsfähigkeit und geringere Punktzahlen Symptome repräsentierten.

So bedeutete ein Ergebnis von 100 Punkten, dass die täglichen und sportlichen Aktivitäten keinen Beschränkungen unterlagen und dass keine Symptome bestanden.

2.3.3 Cincinnati Sportsmedicine and Orthopedic Center Score

Der Cincinnati Score (siehe Anlage 7.1) ist in fünf Bereiche aufgeteilt, die alle in die Gesamtwertung einfließen [111]: 1. Schmerzen, 2. Schwellung/Gelenkerguss, 3. Instabilität/Giving Way, 4. Funktion, 5. Aktivitätsniveau.

Insgesamt konnten 100 Punkte vergeben werden, die sich aus unterschiedlich gewichteten Antworten zusammensetzten. Für die Antworten auf die jeweiligen Fragen zur Schwellung des Kniegelenkes, der Fähigkeit zu gehen und Treppen zu steigen waren maximal zehn Punkte erreichbar. Fünf Punkte waren in den Bereichen „Laufen/Joggen“ und „Sprung-/Kontaktsportarten“ möglich, sowie zwanzig Punkte in den Bereichen „Schmerz“, „Instabilität“ und „Aktivitätsniveau“. Im Gesamtscore wurden 80 - 100 Punkte als sehr gutes Ergebnis, 55 - 79 Punkte als gutes, 30 - 54 als mäßiges und unter 30 Punkte als schlechtes Ergebnis gewertet. Je mehr Punkte also ein Patient erreichte, desto besser waren die Stabilität und Funktion seines Kniegelenkes.

2.3.4 Statistik und Software

Alle erhobenen Daten wurden mit der Software *Excel* (Version 2010, Microsoft, USA) verwaltet und mit *SPSS* (Version 19, SPSS Inc., Chicago/Illinois, USA) statistisch ausgewertet.

Die deskriptiven Ergebnisse wurden in Mittelwert und Minimum/Maximum oder Standardabweichung dargestellt. Alle statistischen Test wurden ungerichtet zweiseitig durchgeführt und p-Werte ≤ 0.05 als statistisch *signifikant*, $p \leq 0.01$ als *hoch signifikant* und $p < 0.001$ als *höchst signifikant* angesehen.

Variablen mit einer Normalverteilung wurden mit dem Kolmogorov-Smirnov-Test analysiert, parametrische bzw. nichtparametrische Testverfahren wurden entsprechend dem Verteilungstyp eingesetzt. Aufgrund der Normalverteilung wurden die Veränderungen im IKDC- und Cincinnati-Score mit dem T-Test für gepaarte Stichproben ausgewertet. Die Analyse von nichtparametrischen Daten erfolgte mit dem Friedman-, Wilcoxon- und Kruskal-Wallis-Test.

Mit der Methode der Rangkorrelationsanalyse nach Kendall (Kendall-Tau-b-Korrelationskoeffizient) wurden Zusammenhänge und Einflussfaktoren untersucht. Korrelationskoeffizienten $< 0,3$ wurden als *gering*, $0,3 - 0,5$ als *mittelmäßig* und $> 0,5$ als (*sehr*) *hoch* bewertet.

3 ERGEBNISSE

3.1 Demografische und operative Daten

3.1.1 Patientenkollektiv

Insgesamt wurden 99 Patienten in die Studie eingeschlossen. Davon waren 85 Patienten männlich und 14 weiblich. Das entspricht einem Geschlechterverhältnis von 86% zu 14% (Abb. 6).

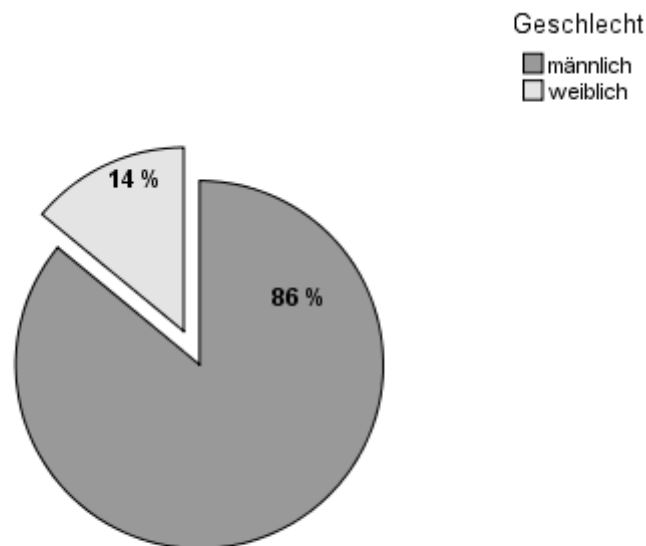


Abb. 6 Geschlechterverteilung der Studienpopulation

3.1.2 Größe, Gewicht und Alter der Patienten

Die mittlere Größe der Patienten betrug 177 cm bei einem Minimum von 162 cm und einem Maximum von 197 cm. Das mittlere Gewicht lag bei 85 kg (Minimum 44 kg, Maximum 120 kg) und das Durchschnittsalter zum Zeitpunkt der ersten Untersuchung bei 46 Jahren (Minimum 23 Jahre, Maximum 64 Jahre).

3.1.3 Body Mass Index

Der Body Mass Index (BMI) betrug zum Zeitpunkt der Operation im Mittel 27 kg/m². Laut WHO-Definition [118] hatten 24,3% der Patienten mit einem BMI zwischen 18,5 und 24,9 kg/m² ein normales Körpergewicht. Als untergewichtig (BMI<18,5kg/m²) galten 4,1% der Patienten, wohingegen 64,9% der Patienten mit einem BMI von 25-29,9 kg/m² als übergewichtig und 6,8% (BMI>29,9 kg/m²) als adipös einzustufen waren. Somit hatten insgesamt 71,7% der Patienten einen BMI über der empfohlenen Werteklasse (Abb. 7).

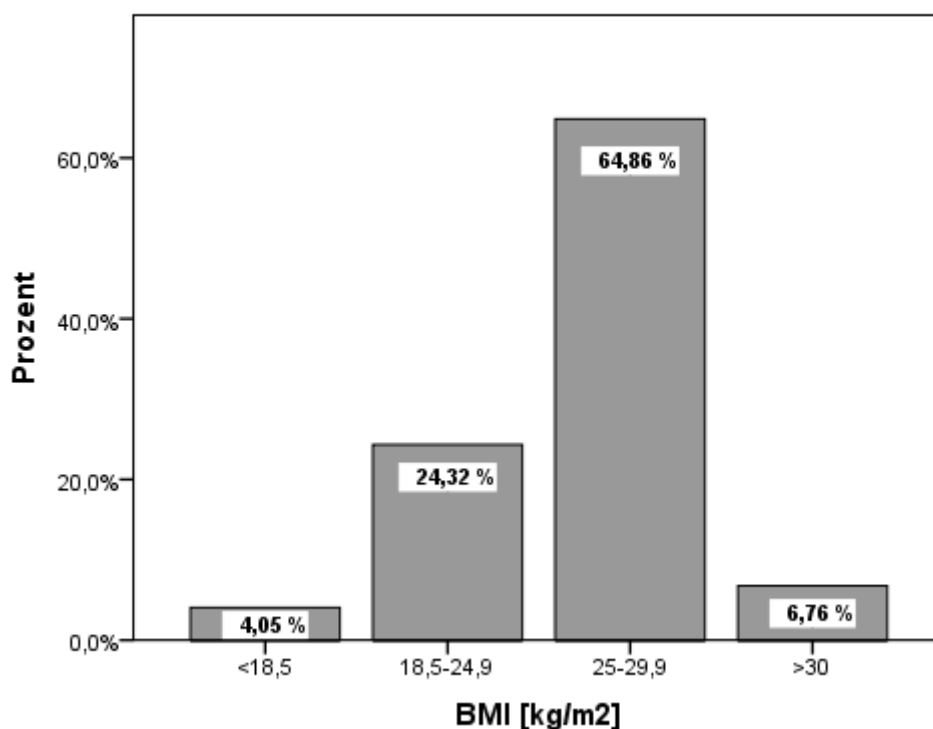


Abb. 7 Body Mass Index (BMI) des Patientenkollektivs

3.1.4 Seitenverteilung der Gonarthrose

Von 99 durchgeführten Operationen wurden 59 Tibiakopfosteotomien (55,1%) an der linken Seite und 48 (44,9%) an der rechten Seite vorgenommen. Acht Patienten wurden mit einem ungefähren zeitlichen Abstand von zwei Jahren an beiden Beinen

operiert. Es wurden also insgesamt 107 Operationen durchgeführt.

3.1.5 Radiologische Untersuchung

Eine radiologische Untersuchung mit der gleichzeitigen Feststellung der Beinachsenwinkel war präoperativ bei 90,7% der Patienten möglich. Im Verlauf konnten nach durchschnittlich 9,7 Monaten bei 39,3% der Patienten die Beinachsenwinkel vermessen werden und eine abschließende röntgenologische Ausmessung fand nach durchschnittlich 12,7 Monaten bei 97,2% der Patienten statt.

3.1.6 Erstuntersuchungsbogen und Follow-up

Präoperativ wurde der IKDC- und Cincinnati-Fragebogen von 64 bzw. 62 Patienten ausgefüllt. Sechs Monate nach der Operation waren 67 bzw. 66 Patienten bereit, entsprechende Angaben zu machen. Bei 51 bzw. 64 Patienten konnte nach einem Jahr ein Follow-up aufgenommen werden, nach zwei Jahren war dies noch bei 22 bzw. 23 Patienten möglich.

3.1.7 Zeitraum zwischen Diagnose und Operation

Die durchschnittliche Dauer zwischen der Diagnosesicherung mittels radiologischer und klinischer Untersuchung und der daraufhin geplanten und durchgeführten Operation lag im Durchschnitt bei 140 Tagen. Der kürzeste Zeitraum bis zur Operation betrug sechs Tage, der längste 779 Tage.

Der mittlere postoperative klinische Nachuntersuchungszeitraum lag bei acht Monaten, wobei der maximale Nachuntersuchungszeitraum mit 26 Monaten zu benennen ist.

3.1.8 Komplikationen

Nach erfolgter Operation zeigten zwei Patienten eine relativ verzögerte Knochenheilung der Osteotomie. Hier wurde nachträglich zwischen fünf und elf Monaten postoperativ eine autologe Spongiosaplastik aus dem Beckenkamm zum Auffüllen des bestehenden Knochendefektes durchgeführt. Ebenfalls bei zwei Patienten wurde nach neun und 30 Monaten postoperativ eine Bakerzyste entfernt und bei einem Patient nach zehn Monaten eine Lipomentfernung durchgeführt. Außerdem wurde einer Patientin drei Jahre nach der erfolgten Umstellungsosteotomie am betroffenen Knie eine Kniegelenksendoprothese implantiert.

3.2 Subjektiver IKDC 2000 Score

3.2.1 IKDC-Gesamtscore im 1-Jahres-Follow-up

Der mittlere IKDC Score und alle nachfolgend betrachteten Einzelfragen konnten innerhalb eines Jahres bei 51 Studienpatienten verfolgt und ausgewertet werden (Abb. 8). Im zeitlichen Verlauf stieg der IKDC-Gesamtscore statistisch höchst signifikant von präoperativ $43,2 \pm 15,0$ auf $58,3 \pm 16,4$ ($p < 0.001$) nach sechs Monaten und nach zwölf Monaten auf $68,0 \pm 17,3$ ($p < 0.001$) an. Die Verbesserung des Gesamtergebnisses vom ursprünglichen präoperativen Zustand zum Score nach einem Jahr war ebenfalls statistisch höchst signifikant ($p < 0.001$).

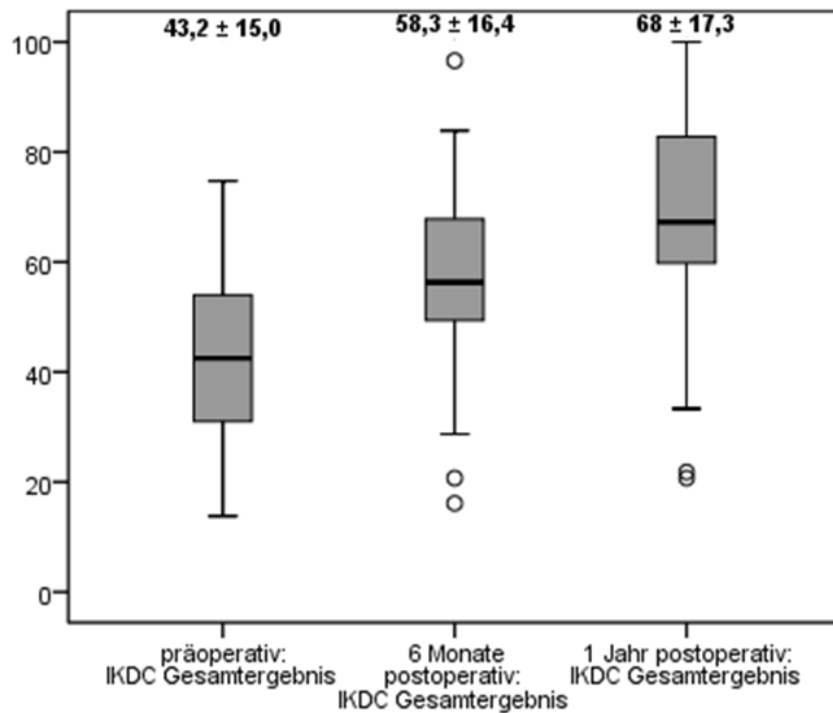


Abb. 8 IKDC-Gesamtscore von 51 Patienten im 1-Jahres-Follow-up

3.2.2 Kniesteife und Schwellung im 1-Jahres-Follow-up

Zum Zeitpunkt der präoperativen Befragung gaben acht Patienten eine sehr starke und ein Patient eine extreme Kniegelenksschwellung und –steife an. Neun Patienten waren ohne aufgeführte Symptome. Im Laufe eines Jahres nach der Operation stieg die Anzahl der Patienten ohne Symptome auf 29 an und gleichzeitig sank die Anzahl der Patienten mit extremer bzw. starker Schwellung und Steifigkeit des Knies auf null bzw. einen Patienten. Die Veränderungen innerhalb der ersten sechs Monate waren hoch signifikant ($p < 0.001$) und innerhalb des ersten Jahres höchst signifikant ($p < 0.001$).

Wie steif oder geschwollen war Ihr Knie während der vergangenen 4 Wochen oder seit dem Auftreten Ihrer Verletzung?			
	präop.	6 Monate postop.	1 Jahr postop.
	Häufigkeit	Häufigkeit	Häufigkeit
überhaupt nicht	9	12	29
etwas	16	28	16
ziemlich	17	9	5
sehr	8	2	1
extrem	1	0	0

Tabelle 1 Kniesteife und Schwellung im 1-Jahres-Follow-up

3.2.3 Knieblockade und Ein-/Ausschnappen des Knies im 1-Jahres-Follow-up

Bezugnehmend auf eine vorhandene Knieblockade und/oder ein Ein- und Ausschnappen des betroffenen Knies, bestätigten 18 Patienten diese Symptomatik präoperativ. Vier Patienten gaben Beschwerden sechs Monate nach der durchgeführten Operation an und drei Patienten nach einem Jahr. Die Veränderung bzw. Abnahme der oben genannten Symptomatik im 1-Jahres-Verlauf war statistisch höchst signifikant ($p < 0.001$).

Hatten Sie in den vergangenen 4 Wochen oder seit dem Auftreten Ihrer Verletzung ein blockiertes Knie oder ist Ihr Knie aus- und wieder eingeschnappt?			
	präop.	6 Monate postop.	1 Jahr postop.
	Häufigkeit	Häufigkeit	Häufigkeit
nein	33	47	48
ja	18	4	3

Tabelle 2 Knieblockade und Ein-/Ausschnappen des Knies im 1-Jahres Follow-up

3.2.4 Aktivitätsstufe im 1-Jahres-Follow-up

Im Zusammenhang der Befragung nach einer möglichen, für die Patienten durchführbaren Aktivitätsstufe, gab präoperativ keiner der Befragten an, sehr anstrengende Aktivitäten mit einseitiger Fußbelastung durchführen zu können. Postoperativ nach zwölf Monaten war die höchste Aktivitätsstufe zwei Patienten möglich. Die Anzahl der Befragten, die anstrengende und mäßig anstrengende Aktivitäten ausüben konnten, stieg von präoperativ drei bzw. 15 Personen auf zehn bzw. 24 Personen postoperativ an. Die Möglichkeit der Ausübung von leichten Aktivitäten und die Unfähigkeit, keine der oben genannten Aktivitätsarten durchführen zu können, sank innerhalb eines Jahres von 26 auf 13 Patienten, sowie von sieben auf zwei Patienten.

Die Veränderungen der Aktivitätslevel der untersuchten und befragten Patienten innerhalb des ersten postoperativen Jahres war statistisch höchst signifikant ($p < 0.001$).

Was ist die höchste Aktivitätsstufe, an der Sie regelmäßig teilnehmen können?			
	präop.	6 Monate postop.	1 Jahr postop.
	Häufigkeit	Häufigkeit	Häufigkeit
Sehr anstrengende Aktivitäten wie Springen oder Drehbewegungen bei einseitiger Fußbelastung (Basketball oder Fußball)	0	1	2
Anstrengende Aktivitäten wie schwere körperliche Arbeit, Skilaufen oder Tennis	3	3	10
Mäßig anstrengende Aktivitäten wie mäßige körperliche Arbeit, Laufen oder Joggen	15	21	24
Leichte Aktivitäten wie Gehen, Haus- oder Gartenarbeit	26	22	13
Ich kann aufgrund meines Knies keine der oben genannten Aktivitäten ausführen.	7	4	2

Tabelle 3 Aktivitätsstufe im 1-Jahres-Follow-up

3.2.5 Sportliche Aktivitäten im 1-Jahres-Follow-up

Von 51 befragten Patienten gaben präoperativ zwölf Personen an, extreme Schwierigkeiten beim Treppensteigen zu haben und für 13 Befragte stellte diese Aktivität ziemliche Schwierigkeiten dar. Ein Jahr postoperativ lagen die Werte für extreme und ziemliche Schwierigkeiten beim Treppensteigen bei zwei bzw. vier Personen. Die Anzahl der Befragten, die vor der durchgeführten Operation keinerlei Probleme beim Treppensteigen angaben, lag bei zehn. Dieser Wert stieg nach zwölf Monaten auf 30 Personen an, wohingegen die Anzahl der Befragten mit minimalen Schwierigkeiten über den untersuchten Zeitraum fast konstant blieb. Die präoperativen Werte, verglichen mit den postoperativen nach sechs Monaten und einem Jahr, waren statistisch höchst signifikant ($p < 0.001$).

Wie schwierig sind aufgrund Ihres Knies die folgenden Aktivitäten für Sie: Treppensteigen			
	präop.	6 Monate postop.	1 Jahr postop.
	Häufigkeit	Häufigkeit	Häufigkeit
überhaupt nicht schwierig	10	15	30
minimal schwierig	16	25	15
ziemlich schwierig	13	8	4
extrem schwierig	12	3	2
unmöglich	0	0	0

Tabelle 4 Treppensteigen im 1-Jahres-Follow-up

Den meisten Patienten war es präoperativ möglich, normal und ohne Schmerzen zu sitzen. Die Häufigkeit dieser Angabe stieg im 1-Jahres-Verlauf von 33 auf 49 an, so dass zwölf Monate postoperativ fast alle Patienten kein oben beschriebenes Beschwerdebild mehr zeigten. Für drei Befragte, die vor der durchgeführten Operation ziemliche Schwierigkeiten bei normalem Sitzen angaben, konnten bezüglich dieser Probleme eindeutig Verbesserungen nachgewiesen werden. Dasselbe war bei

Patienten der Fall, die vor Operation minimale Schwierigkeiten beim Sitzen feststellten; die Häufigkeit sank von 15 auf zwei Personen nach einem Jahr. Die Verbesserung der Werte im ersten halben Jahr nach der Operation waren statistisch hoch signifikant ($p=0.004$) und im 1-Jahres-Verlauf höchst signifikant ($p<0.001$).

Wie schwierig sind aufgrund Ihres Knies die folgenden Aktivitäten für Sie: Normal sitzen			
	präop.	6 Monate postop.	1 Jahr postop.
	Häufigkeit	Häufigkeit	Häufigkeit
überhaupt nicht schwierig	33	44	49
minimal schwierig	15	7	2
ziemlich schwierig	3	0	0
extrem schwierig	0	0	0
unmöglich	0	0	0

Tabelle 5 Normal sitzen im 1-Jahres-Follow-up

Beim Gehen schnell anhalten und starten war für zwölf Patienten präoperativ unmöglich und für elf Patienten extrem schwierig. Ein Jahr postoperativ gaben dies jeweils nur noch vier Patienten an. Ziemliche Schwierigkeiten bei der genannten Aktivität wurden präoperativ von 17 Befragten bestätigt, wohingegen die Häufigkeit dieser Angabe nach einem Jahr auf 13 sank. Die Anzahl der Befragten, die minimale bzw. überhaupt keine Probleme beim schnellen Anhalten und Starten während des Gehens hatten, stieg von zehn auf 19 Personen (minimale Schwierigkeiten) und von einer auf elf Personen (überhaupt keine Schwierigkeiten) nach einem Jahr postoperativ. Diese Ergebnisse konnten nach den ersten sechs Monaten als hoch signifikant ($p=0.007$) und nach einem Jahr als statistisch höchst signifikant ($p<0.001$) bezeichnet werden.

Wie schwierig sind aufgrund Ihres Knies die folgenden Aktivitäten für Sie: Beim Gehen schnell anhalten und starten			
	präop.	6 Monate postop.	1 Jahr postop.
	Häufigkeit	Häufigkeit	Häufigkeit
überhaupt nicht schwierig	1	2	11
minimal schwierig	10	18	19
ziemlich schwierig	17	17	13
extrem schwierig	11	7	4
unmöglich	12	7	4

Tabelle 6 Beim Gehen schnell anhalten und starten im 1-Jahres-Follow-up

3.2.6 Funktionsfähigkeit im 1-Jahres-Follow-up

Die Patienten wurden bei der Eingangs- und zu jeder Nachuntersuchung angewiesen, die Funktionsfähigkeit ihres von Gonarthrose betroffenen bzw. operierten Knies auf einer 10-Punkte-Skala zu bewerten. Hierbei bezeichnete der Wert „10“ eine normale und ausgezeichnete Funktionsfähigkeit des Knies mit keinerlei Einschränkung und der Wert „0“ die Unfähigkeit, irgendeine normale tägliche Aktivität (darunter auch Sport) auszuführen. Der präoperativ nachweisbare Mittelwert lag bei $4,0 \pm 2,4$ und stieg nach sechs Monaten postoperativ hoch signifikant ($p=0.001$) auf $5,5 \pm 2,3$. Nach einem Jahr lag der Mittelwert bei $6,4 \pm 2,5$ und wies daher einen statistisch höchst signifikanten Unterschied ($p<0.001$) zum präoperativ angegebenen Wert auf.

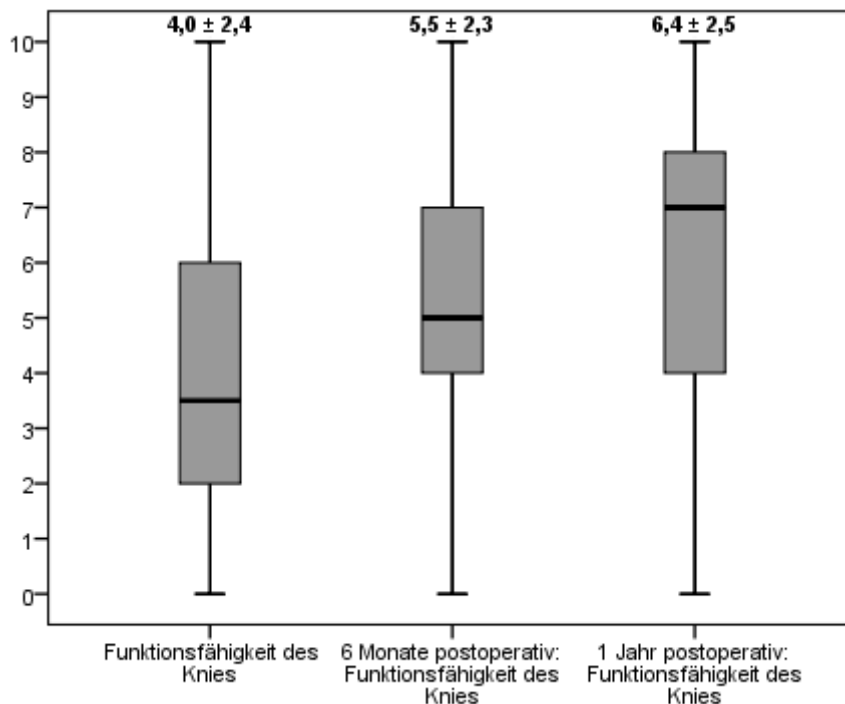


Abb. 9 Funktionsfähigkeit des betroffenen Knies von 50 Patienten im 1-Jahres-Follow-up

3.2.7 IKDC-Gesamtscore im 2-Jahres-Follow-up

Der mittlere IKDC Score, sowie auch alle nachfolgend betrachteten und erläuterten IKDC-Einzelfragen, konnte bei 22 Studienpatienten über zwei Jahre verfolgt werden (Abb. 10). Im zeitlichen Verlauf stieg zu den jeweiligen Nachuntersuchungsterminen der IKDC-Gesamtscore statistisch höchst signifikant von präoperativ $46,7 \pm 5,6$ auf $57,8 \pm 19,2$ ($p < 0.001$) im sechsten Monat und $68,2 \pm 18,5$ ($p < 0.001$) im zwölften Monat nach der durchgeführten Operation an. Der Follow-up-Wert nach 24 Monaten war mit $74,8 \pm 17,5$ ($p = 0.002$) immer noch hoch signifikant. Die Verbesserung der Werte präoperativ zum abschließenden Endergebnis nach zwei Jahren war statistisch höchst signifikant ($p < 0.001$).

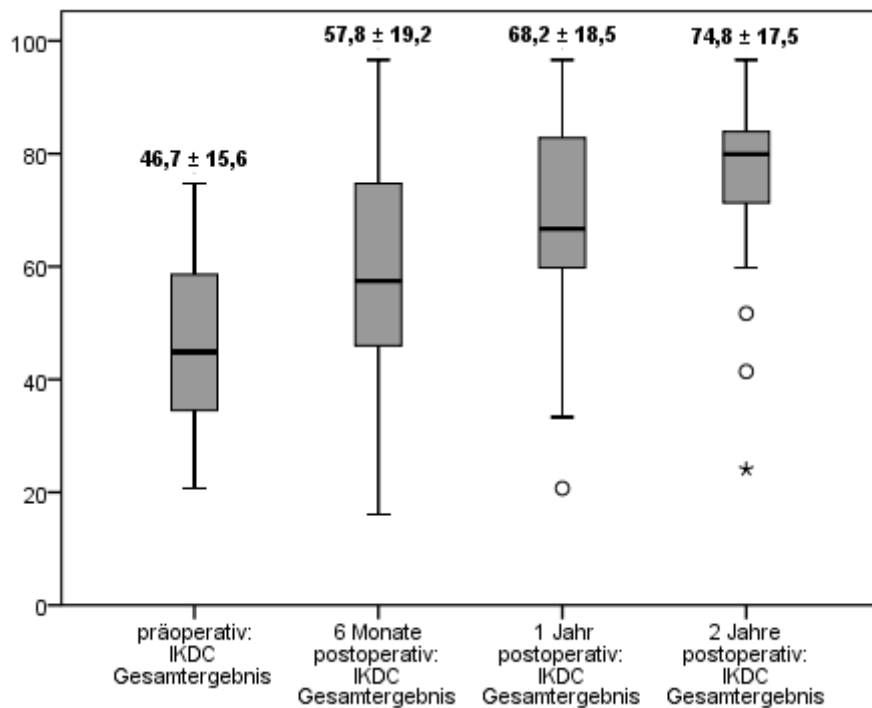


Abb. 10 IKDC-Gesamtscore von 22 Patienten im 2-Jahres-Follow-up

3.2.8 Kniesteife und Schwellung im 2-Jahres-Follow-up

Drei Patienten gaben zum Zeitpunkt der Befragung präoperativ eine sehr starke Kniegelenksschwellung und -steife an. Zwei Patienten waren ohne jegliche Symptome. Bis zu zwei Jahren postoperativ stieg die Anzahl der Patienten, die keine Beschwerden bezüglich Schwellung oder Steifigkeit des Knies hatten, auf zwölf an. Eine sehr starke bzw. extreme Symptomatik trat zwei Jahre nach der durchgeführten Operation bei keinem der befragten Patienten auf. Zehn Befragte gaben präoperativ eine ziemliche Schwellung oder Steifigkeit ihres Knies an. Dieser Wert wurde im 2-Jahres-Follow-up nach sechs Monaten und einem Jahr von sieben, dann zwei Patienten angegeben und nach zwei Jahren von einem Patienten erwähnt. Die Frage nach leichten Problemen mit Schwellung und Kniesteife konnten präoperativ sieben Patienten bestätigen. Sechs Monate und ein Jahr postoperativ gaben elf Patienten diese Einschätzung ab, nach zwei Jahren waren es noch neun Patienten. Insgesamt war die von den Patienten angegebene Abnahme der Knieschwellung und -steife im 2-Jahres-Verlauf höchst signifikant ($p < 0.001$).

Wie steif oder geschwollen war Ihr Knie während der vergangenen 4 Wochen oder seit dem Auftreten Ihrer Verletzung?				
	präop.	6 Mo. postop.	1 Jahr postop.	2 Jahre postop.
	Häufigkeit	Häufigkeit	Häufigkeit	Häufigkeit
überhaupt nicht	2	3	9	12
etwas	7	11	11	9
ziemlich	10	7	2	1
sehr	3	1	0	0
extrem	0	0	0	0

Tabelle 7 Kniestefe und Schwellung im 2-Jahres-Follow-up

3.2.9 Knieblockade und Ein-/Ausschnappen des Knies im 2-Jahres-Follow-up

Die Symptomatik hinsichtlich einer vorhandenen Knieblockade und/oder eines Ein- und Ausschnappens des betroffenen Knies wurde präoperativ von acht Patienten bestätigt. Zur zweiten Befragung sechs Monate nach der durchgeführten Operation gaben noch drei Patienten dieses Problem an. Dieser Unterschied war statistisch signifikant ($p=0.021$). Nach einem Jahr gaben zwei Patienten Beschwerden an und nach zwei Jahren ebenso. Die Veränderung bzw. Abnahme der oben genannten Symptomatik im 2-Jahres-Verlauf war statistisch signifikant ($p=0.03$).

Hatten Sie in den vergangenen 4 Wochen oder seit dem Auftreten Ihrer Verletzung ein blockiertes Knie oder ist Ihr Knie aus- und wieder eingeschnappt?				
	präop.	6 Mo. postop.	1 Jahr postop.	2 Jahre postop.
	Häufigkeit	Häufigkeit	Häufigkeit	Häufigkeit
nein	14	19	20	20
ja	8	3	2	2

Tabelle 8 Knieblockade und Ein-/Ausschnappen des Knies im 2-Jahres-Follow-up

3.2.10 Aktivitätsstufe im 2-Jahres-Follow-up

Hinsichtlich der Befragung nach der höchstmöglichen Aktivitätsstufe gaben präoperativ drei Patienten an, selbst leichte Aktivitäten, wie Gehen oder Haus- und Gartenarbeit, nicht durchführen zu können. Im 2-Jahres-Follow-up wurde diese Aktivitätsstufe sechs Monate und ein Jahr postoperativ von zwei und einem Patienten angegeben und nach zwei Jahren von keinem der Befragten. Mit der höchsten Häufigkeit war zehn Befragten vor der durchgeführten Operation nur eine geringe Aktivitätsstufe, wie z.B. Gehen möglich, sieben Patienten gaben an, mäßig anstrengende Aktivitäten ausführen zu können und zwei Patienten konnten anstrengende Aktivitäten durchführen. Zwei Jahre postoperativ erklärten jeweils acht Patienten, an den beiden zuletzt angegebenen Aktivitätsstufen, also anstrengenden und mäßig anstrengenden Aktivitäten, teilnehmen zu können. Fünf Patienten war die Ausübung leichter Aktivitäten möglich. Die Durchführung von sehr anstrengenden Aktivitäten mit einseitiger Fußbelastung war präoperativ keinem der Befragten möglich. Bis zwei Jahre postoperativ konnte jeweils ein Patient sehr anstrengende Aktivitäten ausführen. Die Verbesserung der Aktivitätsstufen stellten sich für die Patienten zwischen sechs Monaten und einem Jahr postoperativ als signifikant ($p \leq 0.05$) und nach zwei Jahren im Vergleich zum präoperativ angegebenen Level als höchst signifikant dar ($p < 0.001$), wobei sich die Aktivitätsstufen von einem Jahr zu zwei Jahren postoperativ nicht mehr statistisch relevant änderten.

Was ist die höchste Aktivitätsstufe, an der Sie regelmäßig teilnehmen können?				
	präop.	6 Mo. postop.	1 Jahr postop.	2 Jahre postop.
	Häufigkeit	Häufigkeit	Häufigkeit	Häufigkeit
Sehr anstrengende Aktivitäten wie Springen oder Drehbewegungen bei einseitiger Fußbelastung (Basketball oder Fußball)	0	1	1	1
Anstrengende Aktivitäten wie schwere körperliche Arbeit, Skilaufen oder Tennis	2	2	6	8
Mäßig anstrengende Aktivitäten wie mäßige körperliche Arbeit, Laufen oder Joggen	7	9	8	8
Leichte Aktivitäten wie Gehen, Haus- oder Gartenarbeit	10	8	6	5
Ich kann aufgrund meines Knies keine der oben genannten Aktivitäten ausführen.	3	2	1	0

Tabelle 9 Aktivitätsstufe im 2-Jahres-Follow-up

3.2.11 Sportliche Aktivitäten im 2-Jahres-Follow-up

Präoperativ gaben drei Patienten an, extreme Schwierigkeiten beim Treppensteigen zu haben. Jeweils sechs Patienten hatten ziemliche und minimale Schwierigkeiten, wohingegen sieben gar keine Probleme bei dieser Art von sportlicher Aktivität feststellen konnten. Überhaupt keine Probleme beim Treppensteigen hatten sechs Monate postoperativ immer noch sieben Patienten, nach einem Jahr stieg die Anzahl der Patienten auf 14 und nach zwei Jahren auf 17 Patienten. Extreme und ziemliche Schwierigkeiten hatte zu diesem Zeitpunkt jeweils noch ein Patient. Diese Veränderungen waren statistisch höchst signifikant ($p < 0.001$).

Wie schwierig sind aufgrund Ihres Knies die folgenden Aktivitäten für Sie: Treppensteigen				
	präop.	6 Mo. postop.	1 Jahr postop.	2 Jahre postop.
	Häufigkeit	Häufigkeit	Häufigkeit	Häufigkeit
überhaupt nicht schwierig	7	7	14	17
minimal schwierig	6	10	5	3
ziemlich schwierig	6	3	2	1
extrem schwierig	3	2	1	1
unmöglich	0	0	0	0

Tabelle 10 Treppensteigen im 2-Jahres-Follow-up

Den meisten Patienten war präoperativ normales Sitzen ohne Probleme möglich. So gaben diese Antwort 16 Patienten vor der durchgeführten Operation an. Sechs Monate postoperativ hatten 20 Patienten keine Schwierigkeiten mehr und nach zwei Jahren waren dies 21. Ein Patient gab präoperativ ziemliche Schwierigkeiten beim Sitzen an. Diese Schwierigkeiten wurden abschließend nach zwei Jahren von keinem der Befragten angegeben. Die Verbesserungen im 2-Jahres-Follow-up waren statistisch signifikant ($p=0.03$).

Wie schwierig sind aufgrund Ihres Knies die folgenden Aktivitäten für Sie: Normal sitzen				
	präop.	6 Mo. postop.	1 Jahr postop.	2 Jahre postop.
	Häufigkeit	Häufigkeit	Häufigkeit	Häufigkeit
überhaupt nicht schwierig	16	20	21	21
minimal schwierig	5	2	1	1
ziemlich schwierig	1	0	0	0
extrem schwierig	0	0	0	0
unmöglich	0	0	0	0

Tabelle 11 Normal sitzen im 2-Jahres-Follow-up

Beim Gehen schnell anhalten oder starten war für einen Patienten präoperativ überhaupt nicht schwierig, sechs Monate postoperativ gab dies ebenfalls ein Patient an, ein Jahr postoperativ drei Patienten und zwei Jahre nach der durchgeführten Operation ebenfalls drei Patienten. Minimale Schwierigkeiten hatten präoperativ sechs

Befragte. Diese Anzahl stieg im 2-Jahres-Verlauf von acht Patienten (sechs Monate und ein Jahr postoperativ) auf 14 Patienten. Ziemliche oder extreme Schwierigkeiten beim schnellen Anhalten oder Starten wurden präoperativ von sieben bzw. vier Patienten bestätigt. Im Zuge der Befragung nach zwei Jahren gaben diese Schwierigkeiten drei Patienten bzw. kein Patient an. Die Veränderung der präoperativen Werte zum Endergebnis waren alle höchst signifikant ($p < 0.001$).

Wie schwierig sind aufgrund Ihres Knies die folgenden Aktivitäten für Sie: Beim Gehen schnell anhalten und starten				
	präop.	6 Mo. postop.	1 Jahr postop.	2 Jahre postop.
	Häufigkeit	Häufigkeit	Häufigkeit	Häufigkeit
überhaupt nicht schwierig	1	1	3	3
minimal schwierig	6	8	8	14
ziemlich schwierig	7	7	8	3
extrem schwierig	4	3	1	0
unmöglich	4	3	2	2

Tabelle 12 Beim Gehen schnell anhalten und starten im 2-Jahres-Follow-up

3.2.12 Funktionsfähigkeit im 2-Jahres-Follow-up

Die Patienten wurden bei der Eingangs- und zu jeder Nachuntersuchung angewiesen, die Funktionsfähigkeit ihres von Gonarthrose betroffenen bzw. operierten Knies auf einer 10-Punkte-Skala zu bewerten. Hierbei bezeichnete der Wert „10“ eine normale und ausgezeichnete Funktionsfähigkeit des Knies mit keinerlei Einschränkung und der Wert „0“ die Unfähigkeit, irgendeine normale tägliche Aktivität (darunter auch Sport) auszuführen. Der präoperativ dokumentierte Mittelwert lag bei $4,4 \pm 2,4$ und stieg nach sechs Monaten postoperativ auf $5,1 \pm 2,4$. Statistisch signifikant ($p = 0.034$) stieg der Wert nach einem Jahr postoperativ auf $6,2 \pm 2,5$ und weiterhin nach zwei Jahren nicht signifikant auf $7,0 \pm 2,4$ (Abb. 9). Die Verbesserung der Funktionsfähigkeit vom präoperativen Zustand zum abschließenden Ergebnis war hoch signifikant ($p = 0.001$).

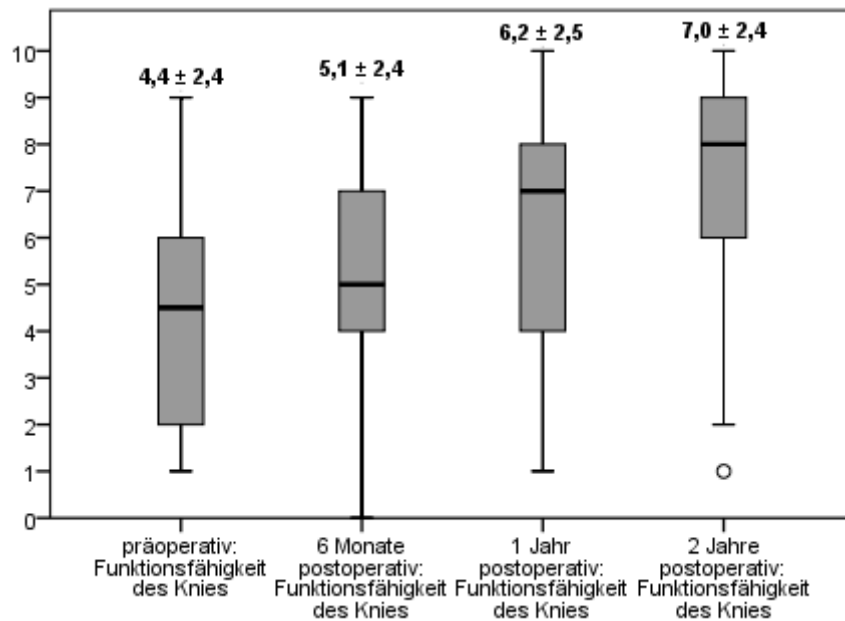


Abb. 11 Funktionsfähigkeit des betroffenen Knies von 22 Patienten im 2-Jahres-Follow-up

3.3 Cincinnati Sportsmedicine and Orthopedic Center Score

3.3.1 Cincinnati-Gesamtscore im 1-Jahres-Follow-up

Der Cincinnati Sportsmedicine and Orthopedic Center Score (Cincinnati Score) konnte bei 49 Studienpatienten über ein Jahr verfolgt und ausgewertet werden. Der Mittelwert des Gesamtscores betrug präoperativ $42,5 \pm 18,6$ und stieg höchst signifikant ($p < 0.001$) nach sechs Monaten postoperativ auf $58,9 \pm 19,9$ und des Weiteren nach einem Jahr, ebenfalls höchst signifikant ($p < 0.001$), auf $68,3 \pm 20,4$ an (Abb. 12). Bei der Betrachtung des mittleren Cincinnati Scores im Gesamtverlauf über zwölf Monate, konnte eine höchst signifikante Veränderung ($p < 0.001$) während dieser Zeit festgestellt werden.

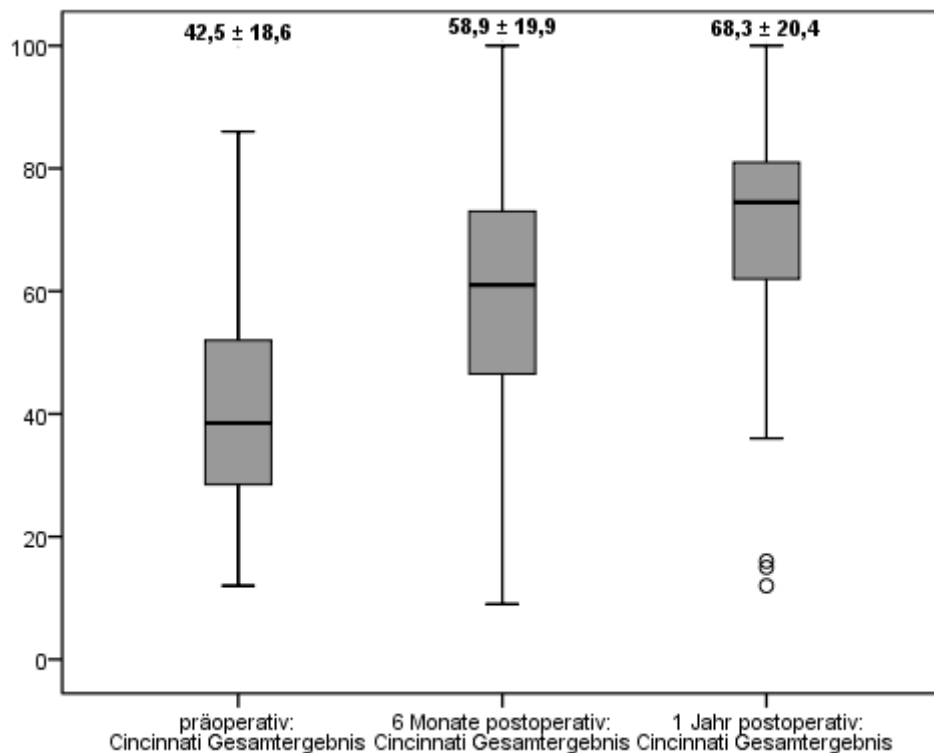


Abb. 12 Cincinnati-Gesamtscore von 48 Patienten im 1-Jahres-Follow-up

Die Gesamtergebnisse wurden zusätzlich, je nach erreichtem Punktwert, in Kategorien eingeteilt. Hierbei wurde präoperativ 28,6% der Patienten ein schlechtes/mangelhaftes Ergebnis (<30 Punkte) zugeordnet, 47,9% wiesen ein ausreichend/zufriedenstellendes Ergebnis auf (30 - 54 Punkte). Der Anteil der Patienten mit einem guten (55 - 79 Punkte) bzw. ausgezeichneten Ergebnis (>80 Punkte) konnte mit 19,4% bzw. 4,1% benannt werden. Nach dem ersten postoperativen Jahr konnten 32,7% der Befragten ein ausgezeichnetes und 46,9% ein gutes Resultat aufweisen. Einen ausreichenden Wert erreichten 14,3% der Patienten und 6,1% der Befragten wurden einem schlechten Ergebnis zugeordnet.

Cincinnati-Gesamtscore, kategorisiert			
	präoperativ	6 Monate postop.	1 Jahr postop.
	Prozent	Prozent	Prozent
schlecht/mangelhaft	28,6	8,2	6,1
ausreichend/zufriedenstellend	47,9	32,7	14,3
gut	19,4	42,9	46,9
ausgezeichnet	4,1	16,3	32,7

Tabelle 13 Kategorisiertes Cincinnati-Gesamtergebnis im 1-Jahres-Follow-up

3.3.2 Schmerzen im 1-Jahres-Follow-up

Vor der durchgeführten Operation war keiner der befragten Patienten ohne Schmerz, während dies ein Jahr nach der Operation drei Patienten bestätigten. Die Anzahl der Befragten, die nur gelegentliche Schmerzen bemerkten, stieg von präoperativ zwei auf postoperativ zwölf Personen an. Gelegentliche Schmerzen bei mäßiger bzw. leichter Arbeit hatten präoperativ acht bzw. sechs Patienten. Zwölf Monate postoperativ bestätigten acht Patienten gelegentliche Schmerzen bei leichter Arbeit und 19 Patienten gelegentliche Schmerzen bei mäßiger Arbeit und/oder Freizeitsport. Die Anzahl der befragten Patienten, die präoperativ Schmerzen bei jeglicher Art von Aktivität hatten, lag bei 19 und sank im 1-Jahres-Verlauf auf fünf. Persistierende Schmerzen - ohne Schmerzlinderung in Ruhe - bestätigten zum präoperativen Zeitpunkt 14 und postoperativ zwei Patienten. Die Veränderung der subjektiven Schmerzangabe der Befragten im Halbjahres-, sowie Jahresabstand war statistisch immer höchst signifikant ($p < 0.001$).

Schmerzen			
	präoperativ	6 Monate postop.	1 Jahr postop.
	Häufigkeit	Häufigkeit	Häufigkeit
keine Schmerzen	0	1	3
gelegentliche Schmerzen bei schwerer Arbeit/Leistungssport	2	6	12
gelegentliche Schmerzen bei mäßiger Arbeit/Freizeitsport	6	15	19
gelegentliche Schmerzen bei leichter Arbeit	8	17	8
Schmerzen bei allen Aktivitäten, Schmerzlinderung in Ruhe	19	8	5
ständige Schmerzen, keine Schmerzlinderung in Ruhe	14	2	2

Tabelle 14 Schmerzangaben von 49 Patienten im 1-Jahres-Verlauf

3.3.3 Kniegelenksfunktion Gehen im 1-Jahres-Follow-up

Präoperativ war es vier Patienten möglich, ohne Einschränkungen zu gehen und 13 gaben an, nur leichte Probleme damit zu haben. Zwölf Monate postoperativ stieg die Anzahl der Patienten mit keinen bzw. nur milden Beschwerden beim Gehen auf 21 bzw. 18 an. Für die meisten Patienten mit mäßigen bis sehr schweren Problemen beim Gehen konnten sechs Monate nach der durchgeführten Operation höchst signifikante Verbesserungen verzeichnet werden ($p < 0.001$). Im Hinblick auf die abschließende Untersuchung nach einem Jahr unterschieden sich die Werte ebenfalls statistisch höchst signifikant ($p < 0.001$).

Kniegelenksfunktion: Gehen			
	präoperativ	6 Monate postop.	1 Jahr postop.
	Häufigkeit	Häufigkeit	Häufigkeit
normal, keine Einschränkungen	4	16	21
leichte/milde Probleme	13	18	18
mäßige Probleme, Gehen auf ebener Strecke zw. 500 und 1000 Meter in Ordnung	20	12	7
schwere Probleme, Gehen nur 2-3 Häuserblocks möglich	10	2	2
schwere Probleme, Gehstöcke erforderlich	2	1	1

Tabelle 15 Kniegelenksfunktion: Gehen im 1-Jahres-Follow-up

3.3.4 Cincinnati-Gesamtscore im 2-Jahres-Follow-up

Der Cincinnati Sportsmedicine and Orthopedic Center Score konnte bei 23 Studienpatienten über zwei Jahre verfolgt und beurteilt werden. So wurde eine statistisch signifikante Erhöhung der Punktzahl im Mittelwert ($p=0.04$) von $47,6 \pm 18,9$ präoperativ auf $56,6 \pm 23,8$ zur ersten Befragung sechs Monate nach der durchgeführten Operation festgestellt. Die Follow-up-Untersuchungen nach zwölf und 24 Monaten ergaben ebenfalls eine weitere signifikante Steigerung ($p<0.05$) des mittleren Cincinnati Scores von $66,9 \pm 22,4$ auf $73,9 \pm 19,2$ (Abb. 10). Die Verbesserung des Gesamtscores vom präoperativen Ergebnis zur abschließenden Befragung nach zwei Jahren war statistisch höchst signifikant ($p<0.001$).

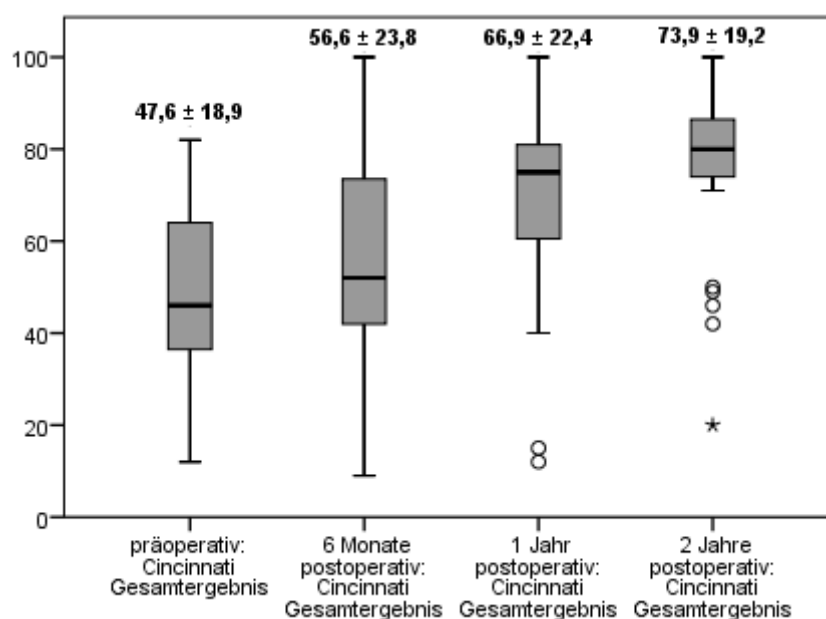


Abb. 13 Cincinnati-Gesamtscore von 23 Patienten im 2-Jahres-Follow-up

Bei Einordnung der Gesamtergebnisse in Kategorien, je nach erreichtem Punktwert, wurde präoperativ 21,7% der Patienten ein schlechtes/mangelhaftes Ergebnis (<30 Punkte) zugeordnet, 47,8% ein ausreichend/zufriedenstellendes Ergebnis (30 - 54 Punkte), 26,1% ein gutes (55 - 79 Punkte) und 4,3% der Patienten ein ausgezeichnetes Gesamtergebnis (>80 Punkte). 24 Monate postoperativ konnten 52,2% der Befragten ein ausgezeichnetes und 26,1% ein gutes Ergebnis vorweisen. Ein ausreichendes Resultat erzielten 17,4% der Patienten und 4,3% der Patienten wurden einem schlechten Ergebnis zugeordnet.

Cincinnati-Gesamtscore, kategorisiert				
	präop.	6 Mo. postop.	1 Jahr postop.	2 Jahre postop.
	Prozent	Prozent	Prozent	Prozent
schlecht/mangelhaft	21,7	13,0	8,7	4,3
ausreichend/zufriedenstellend	47,8	39,1	13,0	17,4
gut	26,1	30,4	43,5	26,1
ausgezeichnet	4,3	17,4	34,8	52,2

Tabelle 16 Kategorisiertes Cincinnati-Gesamtergebnis im 2-Jahres-Follow-up

3.3.5 Schmerzen im 2-Jahres-Follow-up

Vor der Operation gaben neun Patienten an, Schmerzen bei jeglicher Art von Aktivität - auch beim Gehen - zu haben. Ständige Schmerzen während verschiedenen Aktivitäten (ohne Schmerzlinderung in Ruhe) bestätigten zu diesem Zeitpunkt drei Patienten. Gelegentliche Schmerzen bei mäßiger bzw. leichter Arbeit hatten sechs bzw. drei Patienten. Ohne Schmerzen war präoperativ keiner der Patienten, während dies postoperativ ein Patient bestätigte. Zwei Jahre nach der durchgeführten Operation hatten zwölf Patienten gelegentliche Schmerzen bei schweren Arbeiten und/oder Leistungssport und vier Patienten gelegentliche Schmerzen bei mäßiger Arbeit und/oder Freizeitsport. Die Abnahme der Schmerzen waren im Vergleich der Situationen präoperativ und sechs Monate postoperativ, sechs Monate und einem Jahr postoperativ und einem und zwei Jahren postoperativ alle signifikant ($p < 0.05$), im Vergleich vom präoperativen zum postoperativen Zustand nach zwei Jahren statistisch höchst signifikant ($p < 0.001$).

Schmerzen				
	präop.	6 Mo. postop.	1 Jahr postop.	2 Jahre postop.
	Häufigkeit	Häufigkeit	Häufigkeit	Häufigkeit
keine Schmerzen	0	1	1	1
gelegentliche Schmerzen bei schwerer Arbeit/Leistungssport	0	3	6	12
gelegentliche Schmerzen bei mäßiger Arbeit/Freizeitsport	6	6	8	4
gelegentliche Schmerzen bei leichter Arbeit	3	6	3	2
Schmerzen bei allen Aktivitäten, Schmerzlinderung in Ruhe	9	3	2	2
ständige Schmerzen, keine Schmerzlinderung in Ruhe	3	2	1	0

Tabelle 17 Schmerzangaben von 21 Patienten im 2-Jahres-Verlauf

3.3.6 Kniegelenksfunktion Gehen im 2-Jahres-Follow-up

Präoperativ war es zwei Patienten möglich, ohne Einschränkungen zu gehen. Diese Zahl änderte sich im 2-Jahres-Verlauf von sieben und elf Patienten (zur zweiten und dritten Befragung) auf 14 Patienten zum Abschluss der Untersuchung. Alle anderen Antworten wurden postoperativ von weniger Patienten angegeben, als dies noch präoperativ der Fall war. So sank die Anzahl der Patienten, die vor der Operation schwere Probleme mit dem Gehen hatten und Gehstöcke zu Hilfe nehmen mussten, im Untersuchungsverlauf auf null. Die Angabe, präoperativ mäßige Probleme bei einer Gehstrecke zwischen 500 und 1000 Metern zu haben, wurde von zehn Patienten bestätigt, postoperativ waren es drei Patienten. Es zeigte sich eine signifikante Verbesserung ($p=0.018$) der Kniegelenksfunktion hinsichtlich des Gehens präoperativ zur ersten postoperativen Untersuchung ($p=0.018$). Im Hinblick auf die Abschlussuntersuchung nach zwei Jahren unterschieden sich die Werte statistisch höchst signifikant ($p<0.001$).

Kniegelenksfunktion: Gehen				
	präop.	6 Mo. postop.	1 Jahr postop.	2 Jahre postop.
	Häufigkeit	Häufigkeit	Häufigkeit	Häufigkeit
normal, keine Einschränkungen	2	7	11	14
leichte/milde Probleme	6	6	5	3
mäßige Probleme, Gehen auf ebener Strecke zw. 500 und 1000 Meter in Ordnung	10	6	3	3
schwere Probleme, Gehen nur 2-3 Häuserblocks möglich	2	1	1	1
schwere Probleme, Gehstöcke erforderlich	1	1	1	0

Tabelle 18 Kniegelenksfunktion: Gehen im 2-Jahres Follow-up

3.4 Radiologische Auswertung

3.4.1 Achsen- und Winkelmaße

Bei 95 Patienten konnten die tibiofemorale Winkelverhältnisse, ermittelt anhand der durchgeführten a.p.-Ganzbeinaufnahmen, vor und nach der Operation verglichen und ausgewertet werden.

Der im Mittel gemessene mechanische tibiofemorale Winkel lag präoperativ bei $+5,1^\circ \pm 2,5^\circ$ (Varus) und postoperativ bei einer Valgusabweichung von $-0,2^\circ \pm 2,2^\circ$. Im Vergleich ließ sich ein statistisch höchst signifikanter Unterschied erkennen ($p < 0.001$, Wilcoxon-Test).

Die Spannweite des vorab geplanten Korrekturwinkels (Alpha-Winkel) lag zwischen 5° Minimum und 11° Maximum (Mittelwert $6,9^\circ$). Die tatsächliche erreichte knöcherne Gesamtkorrektur lag im Mittel bei $5,2^\circ$ (1° Minimum, 11° Maximum) und der durchschnittliche Korrekturverlust bis zu zwei Jahre nach der durchgeführten Operation bei $1,7^\circ \pm 1,9^\circ$. Bei näherer Betrachtung der Patienten mit Korrekturverlusten, konnten bei 41,9% ein Korrekturverlust unter 1° nachgewiesen werden, für 33,3% lag der Korrekturverlust postoperativ nach 24 Monaten zwischen $1,1^\circ$ bis 3° , für 21,5% zwischen $3,1^\circ$ und 6° und über 6° bis 9° bei 1,1% der untersuchten Patienten. Hierbei sei zu erwähnen, dass keine Unterscheidung und Verifizierung zwischen dem tatsächlichen Korrekturverlust und einer Unterkorrektur vorgenommen wurde.

Die Auswertung der postoperativ angefertigten Ganzbein-Röntgenuntersuchungen erbrachte, dass 64 der 95 Patienten (67,4%) ein sehr gutes Ergebnis der Beinachsenkorrektur aufwiesen (Abb. 10). Ein sehr gutes Ergebnis lag vor, wenn der postoperativ erreichte tibiofemorale Winkel nur 1° vom geplanten Korrekturwinkel abwich. Bei einer Abweichung von 2° wurde für 17 Patienten (17,9%) ein gutes Endresultat erzielt. Ein befriedigendes Korrekturergebnis konnte bei elf Patienten (11,6%) erreicht werden. Im direkten Vergleich des präoperativ geplanten mechanischen Beinachsenwinkels mit dem endgültigen Achsenwinkel zwei Jahre nach der durchgeführten Umstellungsosteotomie wiesen, mit einer Abweichung von über 4° , drei Patienten (3,2%) ein schlechtes Ergebnis auf.

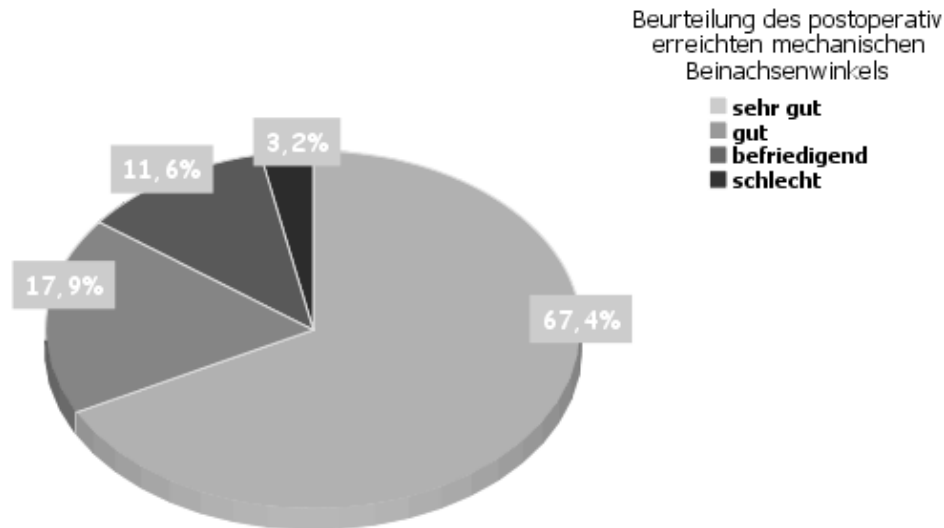


Abb. 14 Einteilung des postoperativ erreichten mechanischen Beinachsenwinkels in die Kategorien „sehr gut“, „gut“, „befriedigend“ und „schlecht“

3.5 Korrelation der verschiedenen Variablen

3.5.1 Korrelation von patientenspezifischen Parametern

Eine Korrelation wurde jeweils für das Alter der Patienten, den Body Mass Index (BMI) und ihr Geschlecht mit der Genauigkeit der Beinachsenkorrektur und dem klinischen Outcome nach jeweils zwölf und 24 Monaten vorgenommen (Tabelle 19).

Die Berechnungen ergaben eine statistisch höchst signifikante bzw. hoch signifikante geringe Korrelation zwischen dem Alter der Patienten und der präoperativen Beinachse (Kendall-Tau-b: 0.256; $p=0.000$), der postoperativen Beinachse (Kendall-Tau-b: 0.225; $p=0.001$) und dem Korrekturverlust zwei Jahre nach der durchgeführten Operation (Kendall-Tau-b: 0.190; $p=0.008$). Bei Überprüfung der Beziehung des Alters der Patienten und dem klinischen Outcome ergab sich für den IKDC Score nach zwölf (Kendall-Tau-b: 0.067; $p=0.494$) und nach 24 Monaten (Kendall-Tau-b: 0.074; $p=0.631$) keine signifikante Korrelation. Für den Cincinnati Score und dem Alter der untersuchten Patienten zeigte sich nach einem Jahr eine

nicht signifikante Korrelation (Kendall-Tau-b: 0.008; $p=0.938$) und nach zwei Jahren eine nicht signifikante inverse Korrelation (Kendall-Tau-b: -0.077; $p=0.614$).

Es zeigte sich keine signifikante Korrelation zwischen dem BMI und dem Wert der präoperativen Beinachse (Kendall-Tau-b: 0.142; $p=0.095$), der postoperativen Beinachse (Kendall-Tau-b: 0.115; $p=0.172$) und dem tatsächlichen Korrekturverlust (Kendall-Tau-b: 0.084; $p=0.330$). In Bezug auf das klinische Outcome konnte eine geringe inverse Korrelation, die statistisch nicht signifikant war, für den IKDC Score (Kendall-Tau-b: -0.113; $p=0.508$) und für den Cincinnati Score nach 24 Monaten (Kendall-Tau-b: -0.237; $p=0.156$) nachgewiesen werden.

Zwischen dem Geschlecht der Patienten und der präoperativen Beinachse (Kendall-Tau-b: -0.143; $p=0.089$), der postoperativen Beinachse (Kendall-Tau-b: -0.155; $p=0.057$) und dem Korrekturverlust (Kendall-Tau-b: -0.130; $p=0.129$) zeigte sich eine nicht signifikante inverse Korrelation. Die Analyse der Fragebogen-Ergebnisse im Zusammenhang mit dem Patientengeschlecht zeigte eine nicht signifikante sehr geringe Korrelation für den IKDC Score nach einem Jahr postoperativ (Kendall-Tau-b: 0.262; $p=0.153$) und keine signifikante Korrelation für den Cincinnati Score nach einem Jahr (Kendall-Tau-b: 0.073; $p=0.546$) und 24 Monate nach der durchgeführten Operation (Kendall-Tau-b: 0.099; $p=0.584$).

Korrelationen patientenspezifischer Parameter								
		Bein- achsen- winkel präop.	Bein- achsen- winkel postop.	Winkel-/ Korrektur - verlust	IKDC- Gesamt- ergebnis 1 Jahr postop.	Cincinnati- Gesamt- ergebnis 1 Jahr postop.	IKDC- Gesamt- ergebnis 2 Jahre postop.	Cincinnati- Gesamt- ergebnis 2 Jahre postop.
Alter der Patienten	Kendall- Tau-b-K.	0,256**	0,225**	0,190**	0,067	0,008	0,074	-0,077
	Sig. (2-seitig)	0,000	0,001	0,008	0,494	0,938	0,631	0,614
Body Mass Index (BMI)	Kendall- Tau-b-K.	0,142	0,115	0,084	-0,097	-0,151	-0,113	-0,237
	Sig. (2-seitig)	0,095	0,172	0,33	0,360	0,155	0,508	0,156
Geschlecht	Kendall- Tau-b-K.	-0,143	-0,155	-0,13	0,155	0,073	0,262	0,099
	Sig. (2-seitig)	0,089	0,057	0,129	0,188	0,546	0,153	0,584

** Die Korrelation ist auf dem 0,01 Niveau signifikant (zweiseitig).
Kendall-Tau-b-K.= Korrelation nach Kendall-Tau-b

Tabelle 19 Korrelationen von patientenspezifischen Parametern

3.5.2 Korrelationen der radiologischen Auswertung

Die postoperativen Ergebnisse hinsichtlich der radiologisch ermittelten mechanischen Beinachse, dem jeweiligen Winkelausmaß der Korrektur, sowie die letztendlichen Korrekturverluste wurden mit den Fragebögen-Gesamtergebnissen und einzelnen Antworten bezüglich Aktivitätslevel und Schmerzen nach der durchgeführten Open-Wedge-Osteotomie an der proximalen Tibia verglichen (Tabelle 11).

Bei der Überprüfung einer Beziehung zwischen dem postoperativ radiologisch ermittelten tibiofemorale Winkel und den Fragebögen-Endergebnissen konnte keine signifikante Korrelation ermittelt werden.

Für die radiologischen Ergebnisse der Beinachsenkorrektur wurde eine statistisch signifikante Korrelation mit dem von den Patienten angegebenen Aktivitätslevel zwei Jahre nach der durchgeführten Operation festgestellt (Kendall-Tau-b: 0.439; $p=0.032$). Keine Beziehung fand sich zwischen den verbleibenden Fragebögen-Antworten und dem abschließenden Winkelergebnis.

Bei Überprüfung des durchgeführten Korrekturwinkels an der Tibia und dessen Winkelverlust konnte keine Beziehung zu den wichtigsten Fragebögen-Ergebnissen hergestellt werden.

Korrelationen der radiologischen Auswertung					
		Bein- Achsenwinkel postop.	qualit. bewerteter Beinachsenwinkel postoperativ	Korrekturwinkel	Winkelverlust
IKDC-Gesamtergebnis 2 Jahre postop.	Kendall-Tau-b-K. Sig. (2-seitig)	-0,077 0,628	-0,157 0,387	-0,027 0,871	-0,071 0,674
Cincinnati-Gesamtergebnis 2 Jahre postop.	Kendall-Tau-b-K. Sig. (2-seitig)	-0,093 0,551	-0,188 0,298	-0,024 0,879	-0,065 0,699
IKDC (2 J. postop.): Aktivitätsstufe	Kendall-Tau-b-K. Sig. (2-seitig)	0,079 0,653	0,14 0,488	-0,093 0,605	-0,021 0,911
Cincinnati (2 J. postop.): Aktivitätslevel	Kendall-Tau-b-K. Sig. (2-seitig)	0,159 0,369	0,439* 0,032	0,136 0,97	0,136 0,468
IKDC (2 J. postop.): Schmerzintensität	Kendall-Tau-b-K. Sig. (2-seitig)	0,127 0,452	0,187 0,336	0,075 0,663	0,185 0,296
Cincinnati (2 J. postop.): generelle Schmerzen	Kendall-Tau-b-K. Sig. (2-seitig)	0,109 0,541	0,154 0,456	-0,094 0,609	0,108 0,572

* Die Korrelation ist auf dem 0,05 Niveau signifikant (zweiseitig).
Kendall-Tau-b-K.= Korrelation nach Kendall-Tau-b

Tabelle 11 Korrelationen der radiologischen Auswertung

3.5.3 Korrelation der Scoring-Resultate

Korrelationen hinsichtlich der Schmerzintensität, der Aktivitätsstufe und der subjektiv beurteilten Funktionsfähigkeit des therapierten Knies zwei Jahre nach der Operation wurden sowohl innerhalb des IKDC- und Cincinnati Scores, als auch zwischen beiden Scoring-Systemen durchgeführt (Tabelle 12).

Innerhalb des IKDC Scores zeigte sich eine höchst signifikante stark ausgeprägte Korrelation zwischen der angegebenen Schmerzintensität und der Aktivitätsstufe (Kendall-Tau-b: 0.645; $p < 0.001$), sowie eine hoch signifikante stark ausgeprägte inverse Korrelation mit der Funktionsfähigkeit des Knies postoperativ (Kendall-Tau-b: -0.704; $p < 0.001$). Die Schmerzintensität korrelierte außerdem statistisch hoch signifikant mit einigen der sportlichen Aktivitäten, wie Treppensteigen (Kendall-Tau-b: 0.573; $p = 0.003$), geradeaus laufen (Kendall-Tau-b: 0.506; $p = 0.009$) und Hochspringen (Kendall-Tau-b: 0.581; $p = 0.002$).

Bei näherer Betrachtung des Cincinnati Scores konnten hohe Korrelationen zwischen den von Patienten angegebenen Belastungsschmerzen und dem Aktivitätsniveau nachgewiesen werden (Kendall-Tau-b: 0.598; $p=0.002$). Statistisch hoch signifikante bzw. höchst signifikante Korrelationen zeigten sich außerdem im Vergleich der Schmerzen mit den alltäglichen Aktivitäten, wie Treppensteigen (Kendall-Tau-b: 0.673; $p=0.001$) und Gehen (Kendall-Tau-b: 0.718; $p<0.001$).

Die von den Patienten angegebenen postoperativen Belastungsschmerzen zeigten eine statistisch höchst signifikante Korrelation mit der Schmerzintensität (Kendall-Tau-b: 0.666; $p<0.001$) und eine signifikant hohe Korrelation mit der Schmerzhäufigkeit (Kendall-Tau-b: 0.640; $p=0.001$) zwei Jahre nach der durchgeführten Operation.

Korrelationen von Scoring-Resultaten zwei Jahre postoperativ					
		Cincinnati Belastungsschmerzen	Cincinnati Aktivitätsniveau	Cincinnati Treppensteigen	Cincinnati Gehen
IKDC Schmerzhäufigkeit	Kendall-Tau-b-K. Sig. (2-seitig)	0,640** 0,001	0,516** 0,006	0,557** 0,004	0,687** 0,000
IKDC Schmerzintensität	Kendall-Tau-b-K. Sig. (2-seitig)	0,666** 0,000	0,516** 0,006	0,669** 0,001	0,781** 0,000
IKDC Aktivitätsstufe	Kendall-Tau-b-K. Sig. (2-seitig)	0,684** 0,000	0,620** 0,001	0,702** 0,000	0,605** 0,002
IKDC Knie-Funktionsfähigkeit	Kendall-Tau-b-K. Sig. (2-seitig)	-0,569** 0,002	-0,513** 0,006	-0,584** 0,003	-0,530** 0,006
IKDC Geradeaus Laufen	Kendall-Tau-b-K. Sig. (2-seitig)	0,584** 0,004	0,499* 0,014	0,589** 0,006	0,603** 0,004
IKDC Treppensteigen	Kendall-Tau-b-K. Sig. (2-seitig)	0,588** 0,004	0,443* 0,027	0,739** 0,000	0,585** 0,005
IKDC Hochspringen	Kendall-Tau-b-K. Sig. (2-seitig)	0,434** 0,029	0,661** 0,001	0,466* 0,023	0,485* 0,017

* Die Korrelation ist auf dem 0,05 Niveau signifikant (zweiseitig).

** Die Korrelation ist auf dem 0,01 Niveau signifikant (zweiseitig).

Kendall-Tau-b-K.= Korrelation nach Kendall-Tau-b

Tabelle 12 Korrelation der Scoring-Resultate

4 DISKUSSION

In der vorliegenden klinischen Studie wurde das Ergebnis nach einer hohen Tibiakopffosteotomie in Open-Wedge-Technik und mögliche Einflussfaktoren erfasst. Die Untersuchung beinhaltete die Auswertung von Röntgenbildern und Fragebögen-Scores. Für die radiologische Betrachtung lagen präoperative Aufnahmen vor, die mit Vergleichsröntgenbildern - angefertigt im Rahmen der Nachuntersuchung (durchschnittlich 12,7 Monate postoperativ) - verglichen wurden. Als zusätzliche Messinstrumente wurden die subjektive Schmerzerfassung und das Aktivitätsniveau der Patienten gesondert berechnet. Hierfür wurde der Cincinnati Sportsmedicine and Orthopedic Center Score und der subjektive IKDC-Fragebogen herangezogen.

Eine Grundlage für die Diskussion der Ergebnisse stellt die in der Literatur vielfach definierte physiologische Beinachse dar, sowie das anzustrebende Korrekturergebnis nach einer tibialen Umstellungsosteotomie. Bei der Zusammenfassung von Studien zur Empfehlung von Korrekturwinkeln scheint eine optimale postoperative Beinstellung dann gegeben zu sein, wenn eine mechanische Achse von 3 - 5° Valgus messbar ist und die Traglinie durch die 62- bis 66%-Weite des Tibiaplateaus zieht [65, 66, 67, 68, 121]. Diese Erhebungen dienten als Grundlage für die Festlegung und Bewertung des optimalen Korrekturergebnisses der Studie.

Von 99 Studienteilnehmern konnten 97,2% radiologisch an mindestens einem postoperativen Termin nachuntersucht werden. Ein Follow-up, basierend auf den Fragebögen-Antworten, war bis zu einem Jahr postoperativ für den IKDC Score bei 51 Patienten und für den Cincinnati Score bei 64 Patienten möglich. Nach zwei Jahren konnten die Ergebnisse bei 22 Befragten für den IKDC- und bei 23 Befragten für den Cincinnati-Fragebogen ausgewertet werden. Ein Vergleich der Fragebögen-Ergebnisse mit dem radiologischen Befund war mit dem Cincinnati Score nach einem Jahr bei 44,9% der Patienten und nach zwei Jahren bei 20,6% der Patienten möglich. Mit dem IKDC Score war eine Gegenüberstellung der subjektiven Beurteilung des betroffenen Knies und der radiologischen Ergebnisse bei 46,7% der Studienteilnehmer nach einem Jahr und bei 19,6% der Studienteilnehmer nach zwei

Jahren durchführbar. Die Größe der Studie und die Menge der Studienteilnehmer sind hierbei mit anderen Arbeiten zur Gonarthrose vergleichbar [123, 124, 125].

Bezüglich der operierten Seite konnte die Zusammensetzung der Patienten als homogen angesehen werden. Insgesamt wurden mehr Männer als Frauen in die Studie eingeschlossen (86% versus 14%). Das statistische Mittel der Studienteilnehmer zum Zeitpunkt der hohen Tibiakopfosteotomie entsprach einer Größe von 177 cm und einem Gewicht von 85 kg bei einem Alter von 46 Jahren.

Der durchschnittliche Body Mass Index (BMI) der Patienten betrug 27 kg/m², so dass in der Gesamtheit 71,7% von ihnen als übergewichtig bzw. adipös einzustufen waren. Dieser Befund deckt sich u.a. mit den Erkenntnissen der Ulmer Arthrostudie, wonach erhöhte BMI-Werte mit dem Risiko eines Auftretens einer Gonarthrose einhergehen können [119, 120]. In Bezug auf den Body Mass Index des Patientenkollektivs zeigte sich keinerlei Korrelation zwischen dem BMI und dem tatsächlichen Korrekturverlust nach der Operation. Im Hinblick auf das klinische Outcome fand sich keine statistisch signifikante Korrelation zwischen dem BMI und dem IKDC- bzw. Cincinnati Score. Auch *Floerkemeier et al.* konnte keine statistisch signifikante Korrelation zwischen der Komplikationsrate nach valgusisierender öffnender Tibiakopfosteotomie und dem BMI ermitteln [120]. In der Publikation von *Spahn et al.* wird ein erhöhter Body Mass Index mit einer Verschlechterung der Beschwerdesymptomatik und einem Korrekturverlust in Verbindung gebracht [122]. Hierbei wurde allerdings von einer operativen Versorgung mittels Open-Wedge-Osteotomie unter Verwendung von konventionellen nicht winkelstabilen Platten ausgegangen, die anfälliger für Kompressions- und Torsionskräfte sind, als die von uns weitgehend verwendeten *TomoFix*-Platten. Die Studie von *Naudi et al.* zog eine absolut gegenläufige Bilanz und beschrieb ein signifikant schlechteres Ergebnis bei einem BMI <25 kg/m², welches mit einer erhöhten Belastung des Gelenkes bei größeren sportlichen Ansprüchen zusammenhängen kann [101].

Die Faktoren Alter und Geschlecht sind in einigen Publikationen ohne Einfluss auf das Ergebnis [140, 141]. In unserer Studie ergab sich bei der Überprüfung der Beziehung zwischen Alter und klinischem Outcome, gemessen an IKDC- und Cincinnati-Score, keine signifikante Korrelation. Statistisch hoch bzw. höchst signifikante geringe Korrelationen konnten wir zwischen Alter und präoperativer Beinachse (Kendall-Tau-b: 0.256; p=0.000), postoperativer Beinachse (Kendall-Tau-b: 0.225;

p=0.001) und dem Korrekturverlust innerhalb des 2-Jahres-Follow-ups (Kendall-tau-b: 0.190; p=0.008) feststellen. Dies deckt sich auch mit Studien, die schlechte Ergebnisse mit einem höheren Lebensalter in Verbindung bringen [101, 142]. In Bezug auf den Faktor Geschlecht konnten wir hinsichtlich der subjektiven und klinischen Beurteilung keine signifikanten Korrelationen ermitteln.

Der mittlere IKDC Score aller Studienpatienten stieg bei einem Nachuntersuchungszeitraum von 24 Monaten statistisch höchst signifikant von $46,7 \pm 5,6$ auf $74,8 \pm 17,5$ Punkte (Abb. 10). Insbesondere zeigte unsere Untersuchung bei 51 Patienten im Verlauf eines Jahres einen höchst signifikanten Anstieg innerhalb der ersten sechs Monate von $43,2 \pm 15,0$ auf $58,3 \pm 16,4$ Punkte (Abb. 8). Bei näherer Betrachtung des Cincinnati-Gesamtscores im Follow-up ließ sich ein gutes und ausgezeichnetes Gesamtergebnis präoperativ bei 30,4% der Patienten feststellen, welches nach 24 Monaten statistisch höchst signifikant von 78,3% der Patienten erreicht wurde. Hierbei war ebenfalls - wie beim IKDC Score - ein höchst signifikanter Anstieg des Gesamtscores innerhalb der ersten sechs und zwölf Monate von präoperativ $42,5 \pm 18,6$ Punkte auf $58,9 \pm 19,9$ bzw. $68,3 \pm 20,4$ Punkte zu verzeichnen (Abb. 12). Anhand des Nachuntersuchungszeitraumes von 24 Monaten erlauben unsere Ergebnisse auch eine Beurteilung über den Anstieg der Scores innerhalb des ersten Jahres und über die oft diskutierte Plateauphase ab dem zwölften Monat. Der IKDC Score stieg bei unseren Studienteilnehmern nach einem Jahr noch signifikant von $68,2 \pm 18,5$ auf $74,8 \pm 17,5$ Punkte. Der mittlere Cincinnati Score ergab während des identischen Nachuntersuchungszeitraumes ebenfalls eine signifikante Steigerung von $66,9 \pm 22,4$ auf $73,9 \pm 19,2$ Punkte.

In der detaillierten Betrachtung von einzelnen Kniebewertungen, wie Aktivitätsstufe, Funktionsfähigkeit und Schmerzen, kam es im 2-Jahres-Verlauf zu deutlichen Verbesserungen. Im Hinblick auf die Aktivitätsstufe der Patienten konnte die erste statistisch signifikante Veränderung zwischen dem präoperativen Zustand und jenem nach einem Jahr verzeichnet werden ($p \leq 0.05$), wohingegen sechs Monate nach der durchgeführten Operation im Vergleich zu präoperativ noch keine statistisch relevanten Veränderungen zu verzeichnen waren. Ähnlich konnte bei der von den Patienten beurteilten Funktionsfähigkeit ihres von Gonarthrose betroffenen Knies innerhalb des ersten halben Jahres nach erfolgter Operation keine statistisch signifikante Steigerung des Mittelwertes erreicht werden. Nach einem Jahr stieg der

durchschnittliche Wert signifikant ($p \leq 0.05$). Die Auswertungen des Aktivitätslevels und der Funktionsfähigkeit zeigten bei beiden Größen keine statistisch signifikante Verbesserung der angegebenen Werte zwischen der zweiten und dritten Nachuntersuchung bzw. den Befragungen ein Jahr und zwei Jahre postoperativ. Hinsichtlich der Schmerzsymptomatik konnte eine statistisch signifikante Abnahme der Schmerzen im Halbjahresabstand, also präoperativ zu sechs Monaten postoperativ, sechs Monate zu einem Jahr postoperativ und ein Jahr zu zwei Jahren postoperativ, festgestellt werden ($p \leq 0.05$). Gesamthaft zeigten sich bei Aktivitätslevel und Schmerzsymptomatik statistisch höchst signifikante Veränderungen vom präoperativen Zustand zum postoperativen nach zwei Jahren.

Auch bei anderen untersuchten Größen, wie Kniesteife und -schwellung, der Kniegelenksfunktion Gehen und sportlichen Aktivitäten (Treppensteigen, beim Gehen schnell anhalten oder starten), unterschieden sich die Werte zwischen Erst- und Abschlussbefragung höchst signifikant. Eine hoch signifikante Verbesserung konnte nach zwei Jahren für die Kniefunktionsfähigkeit nachgewiesen werden. Bei den Größen Knieblockade und Ein-/Ausschnappen des Knies wurden statistisch signifikante Veränderungen ausgewertet.

Im klinischen Überblick zeigt sich, dass das Studienkollektiv mehrheitlich von dieser Operation profitiert hat und bereits zur ersten Nachuntersuchung nach sechs Monaten eine deutliche Verbesserung des Beschwerdegrades, der Kniebewertung, des Aktivitätsniveaus und der Schmerzsymptomatik angab.

Es erweist sich als schwierig, frühe klinische Ergebnisse dieser Studie mit Langzeitstudien zu vergleichen, auch weil diese Langzeitstudien mit teilweise anderen operativen Techniken, wie die Closed-Wedge-Osteotomie, Begleiteingriffen, wie Kreuzbandrekonstruktionen, oder Implantatmaterialien, wie die Position-HTO-Platte, durchgeführt wurden [126, 127, 128, 129, 130, 143]. Weiterhin sei der unterschiedliche Grad der Osteoarthritis oder auch der Knorpelschäden von Studienteilnehmern zu erwähnen, die einen Vergleich zwischen ähnlichen Studien schwierig gestalten [131]. *Niemeyer et al.* untersuchte 46 Patienten mit Varusgonarthrose, welche mit einer Open-Wedge-HTO behandelt und mit einer *TomoFix*-Platte versorgt wurden, über einen durchschnittlichen Zeitraum von zwei Jahren. Basierend auf dem IKDC Score benannten 46,5% der Studienteilnehmer sechs Monate nach der durchgeführten Operation eine Verbesserung der Kniefunktion. Dieser Wert stieg nach 12 Monaten

auf 65,1% und nach 24 Monaten auf 86%. Auch in dieser Studie wird kritisch angemerkt, dass der Untersuchungszeitraum zu kurz gewählt ist, um eine adäquate Aussage über die präventive Wirkung der OP-Technik hinsichtlich einer Verzögerung oder Vermeidung des prothetischen Kniegelenkersatzes zu treffen. Jedoch unterstreichen die Autoren, dass innerhalb des Zeitraums von 24 Monaten sehr wohl eine Beurteilung der Wiederherstellung des Aktivitätsniveaus und der Symptomlinderung möglich ist. Eine weitere Studie, durchgeführt an 51 Patienten, untersuchte ebenfalls das funktionelle Outcome nach Open-Wedge-Osteotomie mittels *TomoFix*-Plattenfixateur. Der IKDC-Wert zeigte nach sechs, zwölf, 24 und 36 Monaten kontinuierlich signifikant bessere Ergebnisse als präoperativ ($p=0.001$; von $44,57 \pm 17,74$ auf $69,43 \pm 18,63$). Nach 60 Monaten hingegen konnte kein signifikanter Unterschied mehr zu dem Ergebnis nach 36 Monaten festgestellt werden [128]. *Schröter et al.* ermittelte ebenfalls den IKDC Score bei der hohen tibialen Umstellungsosteotomie. Hierbei wurden die Scores innerhalb eines Jahres bei 35 Patienten ausgewertet, die mit einer Position-HTO-Platte versorgt wurden. Die Veränderungen von präoperativ $43,0 \pm 14,9$ zu $66,1 \pm 21,0$ Punkten postoperativ stellten ebenfalls eine höchst signifikante ($p<0.001$) Verbesserung dar [127].

Die Ergebnisse dieser durchgeführten klinischen Studie lieferten ein sehr gutes und gutes Resultat der Achskorrektur, evaluiert anhand von Röntgenbildern, bei insgesamt 85,3% der Patienten. Ein schlechtes Korrekturergebnis mit einer Abweichung über 4° zwischen geplantem Korrekturwinkel und postoperativ erreichtem tibiofemoralem Winkel wiesen nur 3,2% der Patienten auf. Präoperativ zeigte sich ein Durchschnittswert von $5,1^\circ \pm 2,5^\circ$ Varusabweichung auf der Ganzbeinstandaufnahme und es war eine durchschnittliche Korrektur von $6,9^\circ$ geplant. Mittels hoher Tibiakopfosteotomie konnte postoperativ eine Valgisierung des Tibiofemoralwinkels um durchschnittlich $5,2^\circ$ erzielt werden, so dass eine insgesamte Valgusabweichung von $-0,2^\circ \pm 2,2$ gemessen werden konnte. Mit der Korrektur der Traglinie auf die 62 - 66%-Breite des Tibiaplateaus wurden bei uns gute Ergebnisse erzielt. Dies bestätigen auch weitere wissenschaftliche Studien, die sich mit dem Ausmaß der Winkelkorrektur befassten [64, 66, 67, 68]. Durch Verlagerung der Last auf das laterale Kompartiment wird gleichzeitig das mediale Kompartiment entlastet, was die Knorpelregeneration fördert [67, 74, 98, 131]. Korrelationsanalysen dieser Studie zwischen subjektivem Empfinden und radiologischer Auswertung zeigten keinen statistisch relevanten

Zusammenhang zwischen den Fragebögen-Antworten und dem abschließenden Winkelergebnis. Lediglich für das Aktivitätslevel der Patienten und für die qualitativ bewerteten radiologischen Ergebnisse der Beinachsenkorrektur konnte eine signifikante Korrelation ermittelt werden (Kendall-Tau-b: 0.439; $p=0.032$).

Die Umstellungsosteotomie als therapeutische Möglichkeit zur Behandlung der Gonarthrose beim Varusmorphotyp konnte durch eine große Anzahl von Studien nachvollzogen werden [69, 74, 132, 133, 134, 135, 136, 137, 138, 139]. Verschiedene Meinungen gibt es hinsichtlich der geeignetsten Operationsmethode. Aufgrund der längeren Erfahrung und guten Ergebnisse halten Anhänger der Closed-Wedge-Osteotomie an dieser Methode fest [89, 99, 100, 103, 144]. Vergleichende Studien zur öffnenden und schließenden Tibiakopfoosteotomie kommen zu unterschiedlichen Ergebnissen. *Hankemeier et al.* empfiehlt die Open-Wedge-Technik aufgrund eines geringeren Korrekturverlustes postoperativ gegenüber der Closed-Wedge-Methode [145], *Niemeyer et al.* konnte bei der aufklappenden valgisierenden Osteotomie, stabilisiert mit der *TomoFix*-Platte, eine geringe Komplikationsrate, einen signifikant steigenden IKDC Score, sowie ein gutes klinisches Endergebnis - unabhängig von der Ausprägung der Knorpeldefekte - über drei Jahre nachweisen [148]. Mehrere Autoren kamen zu dem Ergebnis, dass beide Operationsmethoden gleichwertig sind [146, 149], so z. B. im Hinblick auf auftretende Komplikationen oder Scoring-Ergebnisse, einschließlich der Schmerzsymptomatik [147]. Aufgrund des einfachen Vorgehens und der niedrigen Komplikationsrate, v.a. hinsichtlich der Nervus peroneus-Läsionen, favorisieren einige Autoren mittlerweile die aufklappende valgisierende Osteotomie. Namentlich Lobenhoffer und Agneskirchner veröffentlichten hierzu sehr gute Ergebnisse [60, 69, 87, 139].

In der vorliegenden Studie ergab sich bei insgesamt 99 untersuchten Patienten eine Komplikationsrate von 6%. Drei Jahre nach der Versorgung mit einem winkelstabilen Plattenfixateur wurde einer Patientin am betroffenen Knie eine Kniegelenkendoprothese implantiert. Aufgrund unzureichender Datenlage lässt sich allerdings kein Zusammenhang zwischen Art des Implantats und der langfristigen Stabilität herstellen. Auch der Vergleich mit anderen Studien stellt sich angesichts der unterschiedlichen Fixierungswege als problematisch dar. Bei der valgisierenden

öffnenden Tibiakopfosteotomie werden in der Literatur Komplikationsraten von 3% bis 13,7% genannt [145, 148, 149, 150, 151], bei der schließenden Osteotomie sind die Komplikationsraten mit 10,5% bis 12% vergleichbar [144, 145, 147, 149].

Bei eingehender kritischer Betrachtung der Studienmethoden sind mögliche Fehlerquellen mit zu berücksichtigen. Eine Limitation dieser klinischen Studie ist die relativ kurze Nachuntersuchungsphase von 24 Monaten, so dass beispielsweise keine Aussage zur Überlebensrate nach Umstellungsosteotomie getroffen werden kann, da das Follow-up-Intervall dafür zu kurz gewählt ist. Ebenso ist die eher hohe Ausfallrate bei der Auswertung der Fragebogenergebnisse nach zwölf (21%) und 24 Monaten (66%) ungünstig. Die Anwendung des IKDC- und Cincinnati-Scores kann durch nicht klar präzierte Fragestellungen und Antworten zu einer falschen Wertung führen. Ferner kann eine unterschiedliche Achsenbestimmung bei der radiologischen Auswertung zu fehlerhaften Ergebnissen führen. Das genannte Risiko wurde in dieser Arbeit allerdings durch alleinige Auswertung der Röntgenbilder seitens des Autors weitgehend minimiert.

Die Auswertung der retrospektiven Studie zeigte, dass die valgisierende öffnende Tibiakopfosteotomie die biomechanische Gelenkstellung in einem Kniegelenk mit Varusfehlstellung wiederherstellen kann und den Patienten Beschwerdelinderung, sowie ein größeres Maß an Mobilität verschafft.

Der ideale Patient sollte nicht über 65 - 70 Jahre alt sein und kein wesentliches Übergewicht haben [69, 154]. Die Aktivitätsansprüche von Patienten sind allerdings wichtiger zu bewerten als das reine chronologische Alter, so dass ein striktes Alterslimit nicht zu empfehlen und die OP-Indikation individuell abzuwägen ist [146]. Liegt eine posteriore, posterolaterale und/oder laterale Bandinstabilität vor, kann durch die Open-Wedge-Technik ein Ausgleich der knöchernen Deformität zur deutlichen Stabilisierung des Kniegelenks erreicht werden [151, 152]. Auch die Einfachheit der Methode spricht deutlich für die valgisierende öffnende Tibiakopfosteotomie; so muss die Fibula nicht durchtrennt werden, es ist nur eine Osteotomie erforderlich, Korrekturen können mühelos intraoperativ in koronarer und sagittaler Richtung adaptiert werden und es muss keine Muskelablösung oder Nervpräparation erfolgen [139, 151]. Wird die Operationsmethode erfolgreich ausgeführt, kann sie eine

anstehende Knie-TEP verzögern oder sogar vermeiden [153].

Das Prinzip des winkelstabilen Plattenfixateurs sorgt außerdem für eine rigide Fixation, vermeidet sekundäre Korrekturverluste und ermöglicht es, bei Öffnungen bis zu 13 mm, auf eine Spongiosatransplantation zu verzichten.

Eine exakte präoperative Planung und sorgfältige intraoperative Ausführung der öffnenden hohen tibialen Umstellungsosteotomie schafft somit eine Möglichkeit zur längerfristigen Verbesserung der Lebensqualität bei den betroffenen Patienten.

5 ZUSAMMENFASSUNG

Die Gonarthrose ist die häufigste degenerative Gelenkerkrankung unserer Zeit. Basierend auf den Erkenntnissen aktueller Studien zur demographischen Entwicklung der Bevölkerung wird mit einer steigenden Inzidenz und Prävalenz der Erkrankung gerechnet. Zur Prävention und Therapie stehen eine Vielzahl an konservativen und operativen Maßnahmen zur Verfügung, so auch die valgisierende öffnende Tibiakopfeosteotomie. Gegenstand dieser Arbeit war es, diese Behandlungsmethode zu evaluieren und deren Behandlungserfolg innerhalb des Patientenkollektivs und des Untersuchungszeitraumes von zwei Jahren zu bestätigen.

Im Rahmen dieser klinischen Retrospektivstudie wurden alle Patienten aufgenommen (n=99), die im Zeitraum von 2008 bis 2011 mit einer valgisierenden Open-Wedge-Umstellungsosteotomie der Tibia bei Gonarthrose im Universitätsklinikum Regensburg, dem Caritas Krankenhaus St. Josef in Regensburg und der Asklepios Klinik St. Wolfgang versorgt wurden. Zur Fixierung der Osteotomie wurde die winkelstabile *TomoFix*-Platte verwendet. Die Patienten wurden präoperativ und zum Zeitpunkt von sechs, zwölf und 24 Monaten postoperativ untersucht und befragt. Die Analysen erfolgten in Anlehnung an gängige Kniegelenk-Scores (subjektiver IKDC Score und Cincinnati Score), einschließlich der Auswertung von radiologischem Material. Zur Achsenausmessung wurde vor der operativen Therapie und mindestens einmal postoperativ (durchschnittlich nach 12,7 Monaten) eine a.p.-Ganzbeinstandaufnahme durchgeführt.

Der mittlere IKDC Score stieg innerhalb von 24 Monaten höchst signifikant von 46,7 auf 74,8 Punkte; hierbei war schon eine statistisch höchst signifikante Verbesserung über zehn Punkte innerhalb der ersten sechs Monate zu verzeichnen. Die subjektive Zufriedenheit spiegelte sich auch in allen einzeln analysierten Unterpunkten des IKDC Scores wider. So waren die Einschätzungen und Verbesserungen der Werte zu Kniestife und -schwellung, Aktivitätsstufe, Knieblockade, sportliche Aktivitäten und Funktionsfähigkeit im 2-Jahres-Follow-up alle statistisch signifikant, hoch signifikant oder höchst signifikant. Der Cincinnati Sportsmedicine and Orthopedic Center Score erhöhte sich durch die Umstellungsosteotomie statistisch höchst signifikant von 47,6

Punkte präoperativ auf 73,9 Punkte postoperativ. Dies bedeutete, dass 24 Monate nach Operation nur 4,3% der Patienten einem schlechten Ergebnis zugeordnet wurden, während 95,7% ein zufriedenstellendes bis ausgezeichnetes Gesamtergebnis vorweisen konnten. Auch hier wurde – ähnlich wie beim IKDC Score – eine signifikante Erhöhung der Punktzahl bereits nach sechs Monaten festgestellt. Die detaillierten Betrachtungen und Verbesserungen der einzelnen Kniebewertungen, wie Kniegelenkfunktion und Schmerzen, waren im 2-Jahres-Verlauf ebenfalls höchst signifikant.

Die Ergebnisse der radiologischen Untersuchung zeigten ein sehr gutes und gutes Resultat der Achskorrektur bei insgesamt 85,3% der Patienten. Hier war nach zwei Jahren ein Korrekturverlust unter 2° zu verzeichnen. Ein schlechtes Korrekturergebnis stellte sich bei Abweichungen von über 4° bei lediglich 3,2% der Patienten dar.

Hinsichtlich der Korrelationsanalysen ergab sich eine statistisch hoch bzw. höchst signifikante geringe Korrelation zwischen Alter und der prä- und postoperativen Beinachse, sowie dem Korrekturverlust. Die Faktoren BMI und Geschlecht waren in dieser Studie ohne Einfluss auf die Ausgangssituation oder das Ergebnis. Ebenso fand sich keine Assoziation zwischen den Fragebögen-Ergebnissen und den radiologischen Untersuchungen, lediglich für das Aktivitätslevel wurde gesondert eine statistisch signifikante Korrelation mit dem Resultat der qualitativ bewerteten Beinachsenkorrektur ermittelt.

Die Ergebnisse dieser Studie und der Literaturüberblick zeigen, dass bei exakter Planung und sorgfältiger Durchführung die valgusierende öffnende Tibiakopfumstellungsosteotomie und die Fixierung der Osteotomie mittels winkelstabiler *TomoFix*-Platte ein erprobtes und geeignetes Verfahren zur Behandlung der medialen Gonarthrose darstellt. Im Zeitraum von sechs Monaten postoperativ kann bereits eine deutliche Schmerzreduktion und Zunahme des individuellen Aktivitätsniveaus der Patienten festgestellt werden. Im Laufe des Follow-ups korreliert dieses Aktivitätslevel mit den abschließend radiologischen Befunden. Bei richtiger Indikationsstellung und Patientenselektion erlaubt dieses Verfahren vor allem Patienten im mittleren Lebensabschnitt eine frühe Integration in ihr Arbeitsumfeld und Freizeitgeschehen. Auf längere Sicht gesehen kann der gelenkerhaltende Eingriff die Zeit bis zur Versorgung mit einer Kniegelenkendoprothese überbrücken.

6 LITERATURVERZEICHNIS

1. Pap G, Meinecke I (2011): Ätiologie und Pathogenese der Gonarthrose, AE-Manual der Endoprothetik, Springer, 33–46.
2. Felson DT (1988): Epidemiology of knee and hip osteoarthritis. Epidemiol Rev.; 10: 1–28
3. Andrianakos AA, Kontelis LK, Karamitsos DG, Aslanidis SI, Georgountzos AI, Kaziolas GO, Pantelidou KV, Vafiadou EV, Dantis PC; ESORDIG Study Group (2006): Prevalence of symptomatic knee, hand and hip osteoarthritis in Greece. The ESORDIG study. J Rheumatology; 33 (12): 2507–13
4. Peat G, McCarney R, Croft P (2001): Knee pain and osteoarthritis in older adults: a review of community burden and current use of primary health care. Ann Rheum Dis 60 (2), 91–97
5. Van Saase J, Van Romunde L, Cats A, Vandenbroucke JP, Valkenburg HA (1989): Epidemiology of osteoarthritis: Zoetermeer survey. Comparison of radiological osteoarthritis in a dutch population with that in 10 other populations. Ann Rheum Dis 48: 271 – 280
6. Hannan MT, Felson DT, Pincus T (2000). Analysis of the discordance between radiographic changes and knee pain in osteoarthritis of the knee. J Rheumatol; 27(6):1513-7.
7. Otte P (2000): Der Arthrose-Prozeß. Gelenkerhaltung – Gefährdung – Destruktion. Teil 1: Osteochondrale Strukturen. Nürnberg: Novartis
8. Oliveria SA, Felson DT, Reed JI, Cirillo PA, Walker AM: Incidence of symptomatic hand, hip, and knee osteoarthritis among patients in a health maintenance organization. Arthritis Rheum 1995; 38(8): 1134-41
9. Peyron JG (1988): Epidemiological aspects of osteoarthritis. Scand J Rheumatol Suppl.; 77: 29-33
10. Gunther KP, Puhl W, Brenner H, Stürmer T (2002): Clinical epidemiology of hip and knee joint arthroses: an overview of the results of the "Ulm Osteoarthrosis Study". Z Rheumatol ; 61(3): 244-9
11. Reichel H (2000): Arthrose. Kohn D (Hrsg) Das Knie. Thieme, Stuttgart, New York, S. 221–277

12. Häuselmann HJ, Muff L, Stucki G (1996): Gonarthrosis--assessment and conservative therapy. *Ther Umsch.*; 53(10): 732-7
13. Michael JW, Schlüter-Brust KU, Eysel P (2010): Epidemiologie, Ätiologie, Diagnostik und Therapie der Gonarthrose. *Dtsch Ärztebl Int*; 107(9): 152-62
14. Mohing W (1966): Die Arthrosis deformans des Kniegelenkes. Springer-Verlag Berlin
15. Anderson JJ, Felson DT (1988): Factors associated with osteoarthritis of the knee in the first National Health and Nutrition Examination Survey (HANES I): evidence for an association with overweight, race, and physical demands of work. *Am J Epidemiol* 128: 179–189
16. Felson DT, Zhang Y, Anthony JM, Naimark A, Anderson JJ (1992): Weight loss reduces the risk for symptomatic knee osteoarthritis in women. The Framingham Study. *Ann Intern Med* 116: 535–539
17. Felson DT, Anderson JJ, Naimark A, Walker AM, Meenan RF (1988): Obesity and knee osteoarthritis. The Framingham Study. *Ann Intern Med* 109: 18–24
18. Calkins E, Fisher NM, Pendergast DR, Gresham GE (1991): Muscle rehabilitation: its effect on muscular and functional performance of patients with knee osteoarthritis. *Arch Phys Med Rehabil* 72 (6), 367–374
19. Kovar PA, Allegrante JP, MacKenzie CR, Peterson MG, Gutin B, Charlson ME (1992): Supervised fitness walking in patients with osteoarthritis of the knee. A randomized, controlled trial. *Ann Intern Med.*; 116(7): 529-34
20. Kladny B, Beyer WF (2001): Nonpharmacological conservative treatment for osteoarthritis. *Der Orthopäde* 30 (11), 848–855
21. Benson TB, Copp EP (1974): The effects of therapeutic forms of heat and ice on the pain threshold of the normal shoulder. *Rheumatol Rehabil* 13: 101–104
22. Miglietta O (1973): Action of cold on spasticity. *Am J Phys Med* 52: 198–205
23. Berman BM, Lao L, Greene M, Andersen RW, Wong RH, Langenberg P, Hochberg MC (1995): Efficacy of traditional Chinese acupuncture in the treatment of symptomatic knee osteoarthritis: A pilot study. *Osteoarthritis Cartilage* 3: 139–142
24. Berman BM, Singh BB, Lao L, Langenberger P, Li H, Hadhazy V, Bareta J, Hochberg M (1999): A randomised clinical trial of acupuncture as an adjunctive therapy in osteoarthritis of the knee. *Rheumatology* 38: 346–354

25. Christensen BV, Iuhl IU, Vilbek H, Bülow HH, Dreijer NC, Rasmussen HF (1992) Acupuncture treatment of severe knee osteoarthritis. A long term study. *Acta Anaesthesiol Scand* 36: 519–525
26. Wirth CJ (2001): *Praxis der Orthopädie*. Bischoff Hans-Peter; Konservative Orthopädie. 3. Auflage. Stuttgart, Georg Thieme Verlag
27. Arzneimittelkommission der deutschen Ärzteschaft (1997): Empfehlungen zur Therapie von degenerativen Gelenkerkrankungen. *AVP-Sonderheft* 5: 6–8
28. Pendleton A, Arden N, Dougados M, Doherty M, Bannwarth B, Bijlsma J, Cluzeau F, Cooper C, Dieppe P, Gunther K, Hauselmann H, Herrero-Beaumont G, Kaklamanis P, Leeb B, Lequesne M, Lohmander S, Mazieres B, Mola E, Pavelka K, Serni U, Swoboda B, Verbruggen A, Weseloh G, Zimmermann-Gorska I (2000): EULAR recommendations for the management of knee osteoarthritis: report of a task force of the Standing Committee for International Clinical Studies Including Therapeutic Trials (ESCISIT). *Ann Rheum Dis* 59: 936–944
29. Steinmeyer J (2001): Pharmacotherapy of osteoarthritis. *Der Orthopäde* 30 (11), S. 856–865
30. Altman RD, IAP Study Group: Ibuprofen, Acetaminophen and Placebo in Osteoarthritis of the Knee: A six-day double-blind study. *Arthritis Rheum* 1999
31. Pincus T, Callahan LF, Wolfe F (1999): Arthrotec compared to acetaminophen: a clinical trial in, patients with osteoarthritis of the hip or knee, *Arthritis Rheum*; 42: 404
32. Bradley JD, Brandt KD, Katz BP, Kalasinski LA, Ryan SL (1991): Comparison of an anti-inflammatory dose of ibuprofen, an analgesic dose of ibuprofen, and acetaminophen in the treatment of patients with osteoarthritis of the knee. *N Engl J Med* 325: 87–91
33. Williams HJ, Ward JR, Egger MJ, Neuner R, Brooks RH, Clegg DO, Field EH, Skosey JL, Alarcón GS, Willkens RF (1993): Comparison of naproxen and acetaminophen in a two-year study of treatment of osteoarthritis of the knee. *Arthritis Rheum* 36: 1196–1206

34. Jordan KM, Arden NK, Doherty M, Bannwarth B, Bijlsma JW, Dieppe P, Gunther K, Hauselmann H, Herrero-Beaumont G, Kaklamanis P, Lohmander S, Leeb B, Lequesne M, Mazieres B, Martin-Mola E, Pavelka K, Pendleton A, Punzi L, Serni U, Swoboda B, Verbruggen G, Zimmerman-Gorska I, Dougados M; Standing Committee for International Clinical Studies Including Therapeutic Trials ESCISIT (2003): EULAR Recommendations 2003: an evidence based approach to the management of knee osteoarthritis: Report of a Task Force of the Standing Committee for International Clinical Studies Including Therapeutic Trials (ESCISIT). *Ann Rheum Dis*; 62(12): 1145-55
35. American College of Rheumatology Subcommittee on Osteoarthritis Guidelines (2000): Recommendations for the medical management of osteoarthritis of the hip and knee: 2000 update. *Arthritis Rheum* 43: 1905–1915
36. Puhl W, Bernau A, Bohle E, Brune K, Gerhardt P, Greitemann B, Günther KP, Heber F, Hof N, Holfelder G, Noack W, Zeilhofer HU (2000): Ambulatory diagnosis and therapy of gonarthrosis. *Z Orthop Ihre Grenzgeb*; 138(1): 85-92
37. Morand EF (2000), Corticosteroids in the treatment of rheumatologic diseases *Curr Opin Rheumatol*, 12(3), 171-7
38. Puhl W, Bernau A, Greiling H, Kopcke W, Pforringer W, Steck KJ, Zacher J, Scharf HP (1993): Intraarticular sodium hyaluronate in osteoarthritis of the knee: a multicenter, double-blind study. *Osteoarthritis Cartilage*; 1(4): 233-41
39. Dougados M, Nguyen M, Listrat V, Amor B (1993): High molecular weight sodium hyaluronate (hyalectin) in osteoarthritis of the knee: a 1 year placebocontrolled trial. *Osteoarthritis Cartilage*; 1(2): 97-103
40. Lohmander LS, Dalen N, Englund G, Hamalainen M, Jensen EM, Karlsson K, Odensten M, Ryd L, Sernbo I, Suomalainen O, Tegnander A (1996): Intra-articular hyaluronan injections in the treatment of osteoarthritis of the knee: a randomised, double blind, placebo controlled multicentre trial. Hyaluronan Multicentre Trial Group. *Ann Rheum Dis*; 55(7): 424-31
41. Anders S, Schaumburger J, Grifka J (2001): Intra-articular surgical measures for arthrosis. *Der Orthopäde* 30 (11), 866–880
42. NIH consensus conference (1995): Total hip replacement. NIH Consensus Development Panel on Total Hip Replacement. *JAMA*; 273(24): 1950-6

43. NIH Consensus Panel (2004): NIH Consensus Statement on total knee replacement December 8-10, 2003. *J Bone Joint Surg Am*; 86-A(6): 1328-35
44. Altman RD, Abadie E, Avouac B, Bouvenot G, Branco J, Bruyere O, Calvo G, Devogelaer JP, Dreiser RL, Herrero-Beaumont G, Kahan A, Kreutz G, Laslop A, Lemmel EM, Menkes CJ, Pavelka K, Van De Putte L, Vanhaelst L, Reginster JY; Group for Respect of Excellence and Ethics in Science (GREES), (2005): Total joint replacement of hip or knee as an outcome measure for structure modifying trials in osteoarthritis. *Osteoarthritis Cartilage*; 13(1): 13-9
45. Livesley PJ, Doherty M, Needoff M, Moulton A. Arthroscopic lavage of osteoarthritic knees. *J Bone Joint Surg Br.* 1991 Nov;73(6):922-6.
46. Pridie KH (1959): A Method of resurfacing osteoarthritic knee joints., *J Bone Joint Surgery*, 618 – 619
47. Ficat RP, Ficat C, Gedeon P, Toussaint JB (1979): Spongialization: A new treatment for diseased patellae. *Clin Orthop Relat Res*, (144), 74-83
48. Sterett WI, Steadman JR, Huang MJ, Matheny LM, Briggs KK (2010): Chondral resurfacing and high tibial osteotomy in the varus knee: survivorship analysis. *Am J Sports Med* 38 (7): 1420-4
49. Hangody L, Feczko P, Bartha L, Bodo G, Kish G (2001): Mosaicplasty for the treatment of articular defects of the knee and ankle. *Clin Orthop Relat Res* (391 Suppl): S328-36
50. Peterson L, Brittberg M, Kiviranta I, Akerlund EL, Lindahl A (2002): Autologous chondrocyte transplantation. Biomechanics and long-term durability. *Am J Sports Med* 30 (1): 2-12
51. Brittberg M, Lindahl A, Nilsson A, Ohlsson C, Isaksson O, Peterson L (1994): Treatment of deep cartilage defects in the knee with autologous chondrocyte transplantation. *N Engl J Med* 331: 889–895
52. Duchow J, Kohn D [(2003): Treatment of knee joint arthritis in the middle-aged patient. *Der Orthopäde* 32 (10): 920-29; quiz 930
53. Thornhill TS, Scott RD (1989): Unicompartmental total knee arthroplasty. *Orthop Clin North Am* 20 (2): 245-56
54. Berger RA, Nedeff DD, Barden RM, Sheinkop MM, Jacobs JJ, Rosenberg AG, Galante JO (1999): Unicompartmental knee arthroplasty. Clinical Experience at 6- to 10- year followup. *Clin Arthrop Relat Res* (367): 50-60

55. Deshmukh RV, Scott RD (2001): Unicompartamental knee arthroplasty: long-term results. Clin Arthrop Relat Res;(392) : 272-8
56. Murray DW; Goodfellow JW, O'Connor JJ (1998): The Oxford medial unicompartamental arthroplasty: a ten-year survival study. J Bone Joint Surg Br 80 (6): 983-9
57. Duffy GP, Trousdale RT, Stuart MJ (1998): Total knee arthroplasty in patients 55 years old or younger. 10- to 17- year results. Clin Orthop Relat Res, (356): 22-7
58. Galla M, Lobenhoffer P (2006): Die physiologischen Achsenverhältnisse des Beins. In: Lobenhoffer P, Agneskirchner JD, Galla M, eds. Kniegelenknahe Osteotomien. Stuttgart, New York: Thieme, 3-9
59. Paley D, Pfeil J (2000): Principles of deformity correction around the knee. Der Orthopäde 29 (1): 18-38
60. Lobenhoffer P, Agneskirchner JD, Galla M (2006): Kniegelenknahe Osteotomien. Thieme Verlag, Stuttgart, New York, 165 Seiten
61. Josten C, Tiemann A, Stichert B (2003): Umstellungsosteotomien bei unikondylärer Gonarthrose. In: Trauma und Berufskrankheit 5, 206-210
62. Coventry MB (1985): Upper tibial osteotomy for osteoarthritis. J Bone Joint Surg Am, 67 (7): 1136-40
63. Hernigou P (1996): A 20-year follow-up study of internal gonarthrosis after tibial valgus osteotomy. Single versus repeated osteotomy. Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot.; 82(3): 241-5
64. Pape D, Seil R, Adam F, Rupp S, Kohn D, Lobenhoffer P (2004): Imaging and preoperative planning of osteotomy of tibial head osteotomy. Der Orthopäde 33 (2): 122-34
65. Fujisawa Y, Masuhara K, Shiomi S (1979): The effect of high tibial osteotomy on osteoarthritis of the knee. An arthroscopic study of 54 knee joints. Orthop Clin North Am 10 (3): 585-608
66. Miniaci A, Ballmer FT, Ballmer PM, Jakob RP (1989): Proximal tibial osteotomy. A new fixation device. Clin Orthop Relat Res (246): 250-9
67. Dugdale TW, Noyes FR, Styer D (1992): Preoperative planning for high tibial osteotomy. The effect of lateral tibiofemoral separation and tibiofemoral length. Clin Orthop Relat Res (274): 248-64

68. Noyes FR, Barber SD, Simon R (1993): High tibial osteotomy and ligament reconstruction in varus angulated, anterior cruciate ligament-deficient knees. A two- to seven-year follow-up study. *Am J Sports Med* 21 (1): 2-12
69. Lobenhoffer P, Agneskirchner JD, Zoch W (2004): Open valgus alignment osteotomy of the proximal tibia with fixation by medial plate fixator. *Der Orthopäde*. Feb; 33(2): 153-60
70. Pape D, Adam F, Rupp S, Seil R, Kohn D (2004): Stability, bone healing and loss of correction after valgus realignment of the tibial head. A roentgen stereometry analysis. *Der Orthopäde* 33 (2): 208-17
71. Korn MW (1996): A new approach to dome high tibial osteotomy. *Am J Knee Surg* 9 (1): 12-21
72. Bauch J, Betzler M, Lobenhoffer P (2004): Chirurgie upgrade 2004. Weiter- und Fortbildung. Springer Verlag, Berlin
73. Rupp S (2005), Umstellungsosteotomie. In: Kohn D (Hrsgb). *Orthopädie und Orthopädische Chirurgie. Knie*. Thieme, 379-405
74. Coventry MB, Ilstrup DM, Wallrichs SL (1993): Proximal tibial osteotomy. A critical long-term study of eighty-seven cases. *J Bone Joint Surg Am* 75 (2): 196-201
75. Parker D, Trivett A, Amendola A, Technique in high tibial osteotomy. In: Bonnin M, Chambat P (2008) *Osteoarthritis of the knee. Surgical Treatment*. Springer 71-137
76. Aydogdu S, Cullu E, Araç N, Varolgüneş N, Sur H (2000): Prolonged peroneal nerve dysfunction after high tibial osteotomy: pre- and postoperative electrophysiological study. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 8(5): 305-8
77. Windhagen H, Flörkemeier T (2010): Komplikationen bei Korrekturosteotomien. In: Wirth u. a., *Komplikationen in Orthopädie und Unfallchirurgie*, Georg Thieme Verlag KG
78. Bächli H, Tingart M, Perlick L, Lüring C, Anders S, Grifka J (2005): Total knee arthroplasty and high tibial osteotomy in osteoarthritis--results of a survey in traumatic surgery and orthopedic clinics. *Z Orthop Ihre Grenzgeb*; 143(1): 19-24
79. Bonneville P, Abid A, Mansat P, Verhaeghe L, Clement D, Mansat M (2002): Tibial valgus osteotomy using a tricalcium phosphate medial wedge: a minimally invasive technique. *Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot.*; 88(5): 486-92

80. Bove JC (2002): Utilization of aporous alumina ceramic spacer in tibial valgus open-wedge osteotomy: fifty cases at 16 months mean follow-up. *Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot*, 88, 480-485
81. Hinz P, Wolf E, Schwesinger G, Hartelt E, Ekkernkamp A (2002): A new resorbable bone void filler in trauma: early clinical experience and histologic evaluation. *Orthopedics*, 25(5 Suppl): 597-600
82. Seeherman H (2001): The influence of delivery vehicles and their properties on the repair of segmental defects and fractures with osteogenic factors. *J Bone Joint Surg Am.*; 83-A Suppl 1(Pt 2): 79-81
83. Aryee S, Imhoff AB, Rose T, Tischer T (2008). Do we need synthetic osteotomy augmentation materials for opening-wedge high tibial osteotomy. *Biomaterials*; 29(26): 3497-502
84. Puddu GC, Cerullo G, Cipolla M, Gianni FE (1998): Utilisation una placa para la osteotomia tibial de apertura. *Rodilla* 6: 33-37
85. Sommer C (2003): Locking Compression Plate. *Injury* 34 Suppl 2: B4-5
86. De Simoni C, Staubli AE (2000): Neue Fixationstechnik für mediale open-wedge-Osteotomien der proximalen Tibia. *Schweiz Med Wochenschrift* 119: 130-142
87. Staubli AE, De Simoni C, Babst R, Lobenhoffer P (2003): TomoFix: a new LCP-concept for open wedge osteotomy of the medial proximal tibia--early results in 92 cases. *Injury*; 34 Suppl 2: B55-62
88. Trieb K, Grohs J, Hanslik-Schnabel B, Stulnig T, Panotopoulos J, Wanivenhaus A (2006): Age predicts outcome of high-tibial osteotomy. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*; 14(2):149-52
89. Bonnin, M.; Chambat, P. (2004): Current status of valgus angle, tibial head closing wedge osteotomy in media gonarthrosis. *Der Orthopäde* 33 (2), 135–142
90. Tjörnstrand B, Egund N, Hagstedt B, Lindstrand A (1981): Tibial osteotomy in medial gonarthrosis. *Arch. OrthopTrauma Surg.*, 99 (2), 83–89
91. DePuySynthes. TomoFix Mediale Tibiakopfplatte (MHT). Für mediale Tibiakopfosteotomien.
<http://www.synthes.com/MediaBin/International%20DATA/016.000.386.pdf>
 (Stand 15.02.2014)

92. Hanssen AD, Stuart MJ, Scott RD, Scuderi GR (2001): Surgical options for the middle-aged patient with osteoarthritis of the knee joint. Instr Course Lect 50: 499-511
93. Maquet P (1980): The biomechanic of the knee and surgical possibilities of healing osteoarthritic knee joints. Clin Orthop., Vol. 146,102-11
94. Wu DD, Burr DB, Boyd RD,Radin EL (1990): Bone and cartilage changes following experimental varus or valgus tibial angulation. J Orthop Res., Vol. 8, 572-85
95. Shapiro F, Koide S,Glimcher MJ (1993): Cell origin and differentiation in the repair of full-thickness defects of articular cartilage. J Bone Joint Surg Am.,Vol. 75, 532-53
96. Kanamiya T, Naito M, Hara M, Yoshimura I (2002): The influences of biomechanical factors on cartilage regeneration after high tibial osteotomy for knees with medial compartment osteoarthritis: clinical and arthroscopic observations. Arthroscopy. 18(7): 725-9
97. Koshino T, Wada S, Ara Y, Saito T (2003): Regeneration of degenerated articular cartilage after high tibial valgus osteotomy for medial compartmental osteoarthritis of the knee. Knee. 10(3): 229-36
98. Odenbring S, Egund N, Lindstrand A, Lohmander LS, Willén H (1992): Cartilage regeneration after proximal tibial osteotomy for medial gonarthrosis. An arthroscopic, roentgenographic, and histologic study. Clin Orthop Relat Res. (277):210-6
99. Hofmann AA, Wyatt RW, Beck SW (1991): High tibial osteotomy. Use of an osteotomy jig, rigid fixation, and early motion versus conventional surgical technique and cast immobilization. Clin Orthop Relat Res. 271, 212-17
100. Billings A, Scott DF, Camargo MP, Hofmann AA (2000): High tibial osteotomy with a calibrated osteotomy guide, rigid internal fixation, and early motion. Long-term follow-up. J Bone Joint Surg Am, 82(1): 70-9
101. Naudie D, Bourne RB, Rorabeck CH, Bourne TJ (1999): The Install Award. Survivorship of the high tibial valgus osteotomy. A 10- to -22-year followup study. Clin Orthop Relat Res.367, 18-27
102. Flamme CH, Kohn D, Kirsch L, Hurschler C (1999): Primary stability of different implants used in conjunction with high tibial osteotomy. Arch Orthop Trauma Surg, 119 (7-8), 450–455

103. Brouwer RW, Bierma-Zeinstra SM, van Raaij TM, Verhaar JA (2006): Osteotomy for medial compartment arthritis of the knee using a closing wedge or an opening wedge controlled by a Puddu plate. A one-year randomised, controlled study. *J Bone Joint Surg Br*; 88(11):1454-9
104. Akizuki S, Yasukawa Y, Takizawa T (1997): Does arthroscopic abrasion arthroplasty promote cartilage regeneration in osteoarthritic knees with eburnation? A prospective study of high tibial osteotomy with abrasion arthroplasty versus high tibial osteotomy alone. *Arthroscopy*. 13(1): 9-17
105. Schultz W, Göbel D (1999): Articular cartilage regeneration of the knee joint after proximal tibial valgus osteotomy: a prospective study of different intra- and extra-articular operative techniques. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 7(1): 29-36
106. MacIntosh DL, Welsh RP (1977): Joint débridement--a complement to high tibial osteotomy in the treatment of degenerative arthritis of the knee. *J Bone Joint Surg Am*, 59(8):1094-7
107. Saw KY, Anz A, Merican S, Tay YG, Ragavanaidu K, Jee CS, McGuire DA (2011): Articular cartilage regeneration with autologous peripheral blood progenitor cells and hyaluronic acid after arthroscopic subchondral drilling: a report of 5 cases with histology. *Arthroscopy*; 27(4):493-506
108. Ishihara A, Zekas LJ, Litsky AS, Weisbrode SE, Bertone AL (2010): Dermal fibroblast-mediated BMP2 therapy to accelerate bone healing in an equine osteotomy model. *J Orthop Res*, 28(3):403-11
109. Irrgang JJ, Anderson AF, Boland AL, Harner CD, Kurosaka M, Neyret P, Richmond JC, Shelborne KD (2001): Development and validation of the international knee documentation committee subjective knee form. *Am J Sports Med*; 29(5): 600-13
110. Irrgang JJ, Anderson AF, Boland AL, Harner CD, Neyret P, Richmond JC, Shelbourne KD (2006): Responsiveness of the international knee documentation committee subjective knee form. *Am J Sports Med*; 34(10): 1567-73
111. Noyes, F.R., McGinniss, G.H., Grood, E.S. (1985). The variable functional disability of the anterior cruciate ligament deficient knee. *Orthop Clin North Am* 16, 47-67

112. Oehler G, Krause W, Innere Medizin für Zahnmediziner, Schattauer (2002), 393
113. Felson DT, Couropmitree NN, Chaisson CE, Hannan MT, Zhang Y, McAlindon TE, LaValley M, Levy D, Myers RH (1998): Evidence for a Mendelian gene in a segregation analysis of generalized radiographic osteoarthritis. The Framingham Study. *Arthr Rheum*; 41: 1064–71
114. Flamme CH, Kohn D, Kirsch L (1999): High tibial osteotomy--primary stability of several implants. *Z Orthop Ihre Grenzgeb*, 137 (1): 48-53
115. Häuselmann J, Hedbom E (2002): Von der Pathogenese der Arthrose zu therapeutischen Empfehlungen und Knorpelersatz, *Schweiz Med Forum* Nr. 25, 610-615
116. Hernigou P, Medevielle D, Debeyre J, Goutallier D (1987): Proximal tibial osteotomy for osteoarthritis with varus deformity. A ten to thirteen-year follow-up study. *J Bone Joint Surg Am*, 69 (3): 332-54
117. Vince KG, Insall JN, Kelly MA (1989): The total condylar prosthesis. 10- to 12-year results of a cemented knee replacement. *J Bone Joint Surg Br*, 71 (5): 793-7
118. WHO. http://apps.who.int/bmi/index.jsp?introPage=intro_3.html (Stand 30.06.2012)
119. Sturmer T, Gunther KP, Brenner H (2000): Obesity, overweight and patterns of osteoarthritis: the Ulm Osteoarthritis Study. *J Clin Epidemiol*; 53(3): 307-13
120. Floerkemeier S, Staubli AE, Schroeter S, Goldhahn S, Lobenhoffer P. Does obesity and nicotine abuse influence the outcome and complication rate after open-wedge high tibial osteotomy? A retrospective evaluation of five hundred and thirty three patients. *Int Orthop*. 2014 Jan; 38(1): 55-60.
121. Aglietti P, Rinonapoli E, Stringa G, Taviani A (1983): Tibial osteotomy for the varus osteoarthritic knee. *Clin Orthop Relat Res*, (176): 239-51
122. Spahn G, Kirschbaum S, Kahl E (2006): Factors that influence high tibial osteotomy results in patients with medial gonarthrosis: a score to predict the results. *Osteoarthritis Cartilage*, 14 (2): 190-5
123. Stucki G, Meier D, Stucki S, Michel BA, Tyndall AG, Dick W, Theiler R (1996): Evaluation of a German version of WOMAC (Western Ontario and McMaster Universities) Arthrosis Index. *Z Rheumatol*; 55(1): 40-9

124. Rosemann TT, Joos SS, Koerner TT, Szecsenyi JJ, Laux GG (2006): Comparison of AIMS2-SF, WOMAC, x-ray and a global physician assessment in order to approach quality of life in patients suffering from osteoarthritis. *BMC Musculoskelet Disord*; 7(1): 6
125. Drossaers-Bakker KW, Amesz E, Zwinderman AH, Breedveld FC, Hazes JM (2000): A comparison of three radiologic scoring systems for the long-term assessment of rheumatoid arthritis: findings of an ongoing prospective inception cohort study of 132 women followed up for a median of twelve years. *Arthritis Rheum*; 43(7): 1465-72
126. Badhe NP, Forster IW (2002): High tibial osteotomy in knee instability: the rationale of treatment and early results. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 10(1): 38-43
127. Schröter S, Gonser CE, Konstantinidis L, Helwig P, Albrecht D (2011): High complication rate after biplanar open wedge high tibial osteotomy stabilized with a new spacer plate (Position HTO plate) without bone substitute. *Arthroscopy*, 27(5): 644-52
128. Bode G, Heyden J von, Pestka JM, Salzmänn GM, Südkamp NP, Niemeyer P (2012): Mediale Open Wedge Osteotomie mittels winkelstabilem Plattenfixateur bei Varusgonarthrose: Überlebensrate und funktionelles Outcome nach 5 Jahren. Deutscher Kongress für Orthopädie und Unfallchirurgie (DKOU 2012). Berlin, 23.-26.10.2012. Düsseldorf: German Medical Science GMS Publishing House; 2012. DocWI34-820
129. Kim JH, Kim JR, Lee DH, Bang JY, Hong IT (2013): Combined medial open-wedge high tibial osteotomy and modified Maquet procedure for medial compartmental osteoarthritis and patellofemoral arthritis of the knee. *Eur J Orthop Surg Traumatol*, 23(6), 379-83
130. Niemeyer P, Koestler W, Kaehny C, Kreuz PC, Brooks CJ, Strohm PC, Helwig P, Südkamp NP(2008): Two-year results of open-wedge high tibial osteotomy with fixation by medial plate fixator for medial compartment arthritis with varus malalignment of the knee. *Arthroscopy*, 24(7): 796-804
131. Koshino T, Tsuchiya K (1979): The effect of high tibial osteotomy on osteoarthritis of the knee. Clinical and histological observations. *Int Orthop*, 3(1): 37-45

132. Agneskircher JD, Burkart A, Imhoff AB (2002): Achsfehlstellung, Knorpelschaden und Kreuzbandruptur - Begleiteingriffe bei der VKB-Plastik. Unfallchirurg; 105: 237-245
133. Coventry MB (1965): Osteotomy of the upper portion of the tibia for degenerative arthritis of the knee: a preliminary report. J Bone Joint Surg Am, 47: 984-990
134. Coventry MB (1973): Osteotomy about the knee for degenerative and rheumatoid arthritis. Journal of Bone and Joint Surgery American Volume, 55/1: 23-48
135. Coventry MB (1979): Upper tibial osteotomy for gonarthrosis. The evaluation of the operation in the last 18 years and long term results. Orthopedic Clinic North America, 10:191-210
136. Geiger F, Sabo D (2004): Tibiakopfumstellung mittels Fixateur externe. Der Orthopäde, 33(2), 161-9
137. Hassenpflug J, Haugwitz A von, Hahne HJ (1998): Langfristige Ergebnisse nach Tibiakopfosteotomie. Z Orth Ihre Grenzge, 136(2), 154-161
138. Insall JN, Joseph DM, Msika C (1984): High tibial osteotomy for varus gonarthrosis. A long-term follow-up study. J Bone Joint Surg Am, 66(7), 1040-8
139. Lobenhoffer P, Agneskirchner JD (2003): Improvements in surgical technique of valgus high tibial osteotomy. Knee Surgery Sports Traumatology Arthroscopy, 11(3):132-8
140. Cass JR, Bryan RS (1988): High tibial osteotomy. Clin Orthop Relat Res, 230, 196-9
141. Wohlfahrt A, Heppt P, Goldmann A, Wirtz P (1991): Die valgisierende Tibiakopfpendelosteotomie. Eine klinische Untersuchung und statistische Analyse von 91 Langzeitergebnissen. Z Orthop Ihre Grenzgeb, 129, 72-9
142. Holden DL, James SL, Larson RL, Slocum DB (1988): Proximal tibial osteotomy in patients who are fifty years old or less. A long-term follow-up study. J Bone Joint Surg Am, 70, 977-82
143. Whiteside LA (1991): The effect of patient age, gender, and tibial component fixation on pain relief after cementless total knee arthroplasty. Clin Orthop Relat Res, (271): 21-7

144. Pfahler M, Lutz C, Anetzberger H, Maier M, Hausdorf J, Pellengahr C, Refior HJ (2003): Long-term results of high tibial osteotomy for medial osteoarthritis of the knee. *Acta Chir Belg*, 103(6): 603-6
145. Hankemeier S, Mommsen P, Krettek C, Jagodzinski M, Brand J, Meyer C, Meller R (2010): Accuracy of high tibial osteotomy: comparison between open- and closed-wedge technique. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 18(10): 1328-33
146. Schallberger A, Jacobi M, Wahl P, Maestretti G, Jakob RP (2011): High tibial valgus osteotomy in unicompartmental medial osteoarthritis of the knee: a retrospective follow-up study over 13-21 years. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 19(1):122-7
147. Smith TO, Sexton D, Mitchell P, Hing CB (2011): Opening- or closing-wedged high tibial osteotomy: a meta-analysis of clinical and radiological outcomes. *Knee*, 18(6): 361-8
148. Niemeyer P, Schmal H, Hauschild O, Heyden J von, Südkamp NP, Köstler W (2010): Open-wedge osteotomy using an internal plate fixator in patients with medial-compartment gonarthrosis and varus malalignment: 3-year results with regard to preoperative arthroscopic and radiographic findings. *Arthroscopy*, 26(12):1607-16
149. Hoell S, Suttmoeller J, Stoll V, Fuchs S, Gosheger G (2005): The high tibial osteotomy, open versus closed wedge, a comparison of methods in 108 patients. *Arch Orthop Trauma Surg*, 125(9): 638-43
150. Prix R (2005): Opening-wedge osteotomy of the proximal tibia. *Acta Chir Orthop Traumatol Cech*, 72(5): 308-12
151. Jakob RP (1990): Instabilitätsbedingte Gonarthrose: Spezielle Indikationen für Osteotomien bei der Behandlung des instabilen Kniegelenks. *Kniegelenk und Kreuzbänder*, Springer, 555-578
152. Lobenhoffer P (1999): Chronic instability after posterior cruciate ligament injury. Tactics, techniques, and results. *Der Unfallchirurg*, 102(11), 824-838
153. Poignard A, Flouzat Lachaniette CH, Amzallag J, Hernigou P (2010): Revisiting high tibial osteotomy: fifty years of experience with the opening-wedge technique. *J Bone Joint Surg Am*, 92 Suppl 2: 187-95

154. El-Azab HM, ; Morgenstern M; Ahrens P; Schuster T; Imhoff AB; Lorenz SG (2011): Limb Alignment After Open-wedge High Tibial Osteotomy and Its Effect on the Clinical Outcome. *Orthopedics*, 34(10): e622-8

7 ANHANG

7.1 Abkürzungsverzeichnis

Abb.	Abbildung
a.p.	anterior-posterior (entsprechend: von vorne nach hinten)
bzw.	beziehungsweise
BMI	Body Mass Index
ca.	circa
et al.	(lateinisch: et alii) und andere
HTO	hohe Tibiakopfumstellungsosteotomie
IKDC	International Knee Documentation Committee
J.	Jahre
OP	Operation
postop.	postoperativ
präop.	präoperativ
qualit.	qualitativ
TEP	Totalendoprothese
u.a.	und andere, unter anderem
v.a.	vor allem
z.B.	zum Beispiel

7.2 Subjektiver IKDC 2000 Score

Name	Geburtstag _ _ _ _ _ _	Bogen vom Patienten auszufüllen	Untersuchungsdatum Tag__ Mon__ Jahr__ __	Arzt _____
------	----------------------------	------------------------------------	--	---------------

Was ist die höchste Aktivitätsstufe, die Sie ohne erhebliche Schmerzen im Knie ausüben können?

☐ Sehr anstrengende Aktivitäten wie Springen oder Drehbewegungen bei einseitiger Fußbelastung (Basketball oder Fußball)

☐ Anstrengende Aktivitäten wie schwere körperliche Arbeit, Skilaufen oder Tennis

☐ Mäßig anstrengende Aktivitäten wie mäßige körperliche Arbeit, Laufen oder Joggen

☐ Leichte Aktivitäten wie Gehen, Haus- oder Gartenarbeit

☐ Ich kann aufgrund meiner Schmerzen im Knie keine der oben genannten Aktivitäten ausführen.

Wie oft hatten Sie in den vergangenen 4 Wochen oder seit dem Auftreten Ihrer Verletzung Schmerzen?

Kreuzen Sie eines der Kästchen in der nachstehenden Skala an. Die Skala beginnt mit 0 (Nie) und geht mit zunehmender Häufigkeit der Schmerzen bis zu 10 (ständig Schmerzen).

Nie	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Ständig
												Schmerzen
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

Wie stark sind Ihre Schmerzen?

Kreuzen Sie eines der Kästchen in der nachstehenden Skala an. Die Skala beginnt mit 0 (keine Schmerzen) und geht mit zunehmender Stärke der Schmerzen bis zu 10 (unerträgliche Schmerzen).

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	unerträglich
Keine Schmerzen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	he Schmerzen
												n

SYMPTOME

Wie steif oder geschwollen war Ihr Knie während der vergangenen 4 Wochen oder seit dem Auftreten Ihrer Verletzung?

- ☐ überhaupt nicht
- ☐ etwas
- ☐ ziemlich
- ☐ sehr
- ☐ extrem

Was ist die höchste Aktivitätsstufe, die Sie ohne erhebliches Anschwellen des Knies ausüben können?

- ☐ Sehr anstrengende Aktivitäten wie Springen oder Drehbewegungen bei einseitiger Fußbelastung (Basketball oder Fußball)
- ☐ Anstrengende Aktivitäten wie schwere körperliche Arbeit, Skilaufen oder Tennis
- ☐ Mäßig anstrengende Aktivitäten wie mäßige körperliche Arbeit, Laufen oder Joggen
- ☐ Leichte Aktivitäten wie Gehen, Haus- oder Gartenarbeit
- ☐ Ich kann aufgrund eines geschwollenen Knies keine der oben genannten Aktivitäten ausführen.

Hatten Sie in den vergangenen 4 Wochen oder seit dem Auftreten Ihrer Verletzung ein blockiertes Knie oder ist Ihr Knie aus- und wieder eingeschnappt?

- ☐ Ja
- ☐ Nein

Was ist die höchste Aktivitätsstufe, die Sie ohne erhebliche durch Knieschwäche verursachte Gangunsicherheit einhalten können?

- ☐ Sehr anstrengende Aktivitäten wie Springen oder Drehbewegungen bei einseitiger Fußbelastung (Basketball oder Fußball)
- ☐ Anstrengende Aktivitäten wie schwere körperliche Arbeit, Skilaufen oder Tennis
- ☐ Mäßig anstrengende Aktivitäten wie mäßige körperliche Arbeit, Laufen oder Joggen
- ☐ Leichte Aktivitäten wie Gehen, Haus- oder Gartenarbeit
- ☐ Ich kann aufgrund der Knieschwäche keine der oben genannten Aktivitäten ausführen.

SPORTLICHE AKTIVITÄT	Was ist die höchste Aktivitätsstufe, an der Sie regelmäßig teilnehmen können?					
	<input type="checkbox"/> Sehr anstrengende Aktivitäten wie Springen oder Drehbewegungen bei einseitiger Fußbelastung (Basketball oder Fußball)					
	<input type="checkbox"/> Anstrengende Aktivitäten wie schwere körperliche Arbeit, Skilaufen oder Tennis					
	<input type="checkbox"/> Mäßig anstrengende Aktivitäten wie mäßige körperliche Arbeit, Laufen oder Joggen					
	<input type="checkbox"/> Leichte Aktivitäten wie Gehen, Haus- oder Gartenarbeit					
	<input type="checkbox"/> Ich kann aufgrund meines Knies keine der oben genannten Aktivitäten ausführen.					
	Wie schwierig sind aufgrund Ihres Knies die folgenden Aktivitäten für Sie?					
		überhaupt nicht schwierig	minimal schwierig	ziemlich schwierig	extrem schwierig	unm ögli ch
	a. Treppensteigen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	b. Treppe hinuntergehen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
c. Hinknien	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
d. Hockstellung	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
e. Normal sitzen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
f. Vom Stuhl aufstehen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
g. Geradeaus laufen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
h. Hochspringen und auf dem betroffenen Bein landen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
i. Beim Gehen (bzw. Laufen, wenn Sie Sportler/in sind) schnell anhalten und starten	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

FUNKTION	Wie würden Sie die Funktionsfähigkeit Ihres Knies auf einer Skala von 0 bis 10 beurteilen, wobei 10 eine normale und ausgezeichnete Funktionsfähigkeit bezeichnet und 0 die Unfähigkeit, irgendeine Ihrer normalen täglichen Aktivitäten, darunter möglicherweise auch Sport, auszuführen?												
	FUNKTIONSFÄHIGKEIT VOR DER KnieVERLETZUNG												
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Keine
	Kann keine	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Einschrän
	täglichen												kung
	Aktivitäten												der
	ausführen												täglichen
													Aktivitäten
DERZEITIGE FUNKTIONSFÄHIGKEIT IHRES KNIES													
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Keine	
Kann	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Einschrän	
keine												kung	
täglichen												der	
Aktivitäten												täglichen	
ausführen												Aktivitäten	
												n	

7.3 Cincinnati Sportsmedicine and Orthopedic Center Score

Name	Geburtstag		Untersuchungsdatum	Arzt
SCHMERZEN	<input type="checkbox"/> Keine Schmerzen, normales Knie, 100-% Funktion			
	<input type="checkbox"/> Gelegentlich Beschwerden beim Leistungssport bzw. schwerer Arbeit			
	<input type="checkbox"/> Gelegentlich Beschwerden beim Freizeitsport bzw. mäßiger Arbeit, häufig bei anstrengenden Tätigkeiten, Joggen, Leistungssport			
	<input type="checkbox"/> Schmerzen beim Freizeitsport, mäßiger Arbeit, gelegentlich beim Gehen, Stehen oder leichter Arbeit			
	<input type="checkbox"/> Schmerzen bei allen Aktivitäten sogar beim Gehen, Schmerzlinderung in Ruhe, Unfähigkeit zur sportlichen Betätigung			
	<input type="checkbox"/> Ständig Schmerzen, beim Stehen, Gehen und bei Nacht, keine Schmerzlinderung in Ruhe			
SCHWELLUNG/ GELENKERGUSS	<input type="checkbox"/> Keine Schwellung/ Gelenkerguss, normales Knie, 100% Funktion			
	<input type="checkbox"/> Gelegentliche Schwellung/ Gelenkerguss beim Leistungssport bzw. schwerer Arbeit			
	<input type="checkbox"/> Gelegentliche Schwellung/ Gelenkerguss beim Freizeitsport bzw. mäßiger Arbeit, häufig bei anstrengenden Tätigkeiten, Joggen, Leistungssport			
	<input type="checkbox"/> Schwellung/ Gelenkerguss beim Freizeitsport, mäßiger Arbeit, gelegentlich (ca. 3mal/ Jahr) beim Gehen, Stehen oder leichter Arbeit			
	<input type="checkbox"/> Auftreten von Schwellung/ Gelenkerguss beim Gehen und leichter Arbeit, Abschwellen in Ruhe			
	<input type="checkbox"/> Ständig schwere Probleme			
INSTABILITÄT/ GIVING WAY	<input type="checkbox"/> Keine Instabilität, normales Knie, 100% Funktion			
	<input type="checkbox"/> Gelegentliche Instabilität beim Leistungssport bzw. schwerer Arbeit, Teilnahme an allen Sportarten unter Berücksichtigung von Einschränkungen möglich			
	<input type="checkbox"/> Gelegentliche Instabilität beim Freizeitsport bzw. mäßiger Arbeit, Möglichkeit zur Kompensation, plötzliches Stoppen oder Umdrehen nicht möglich			
	<input type="checkbox"/> Instabilität mit Einschränkungen beim Freizeitsport bzw. mäßigen Arbeit, gelegentlich (ca. 3 mal/Jahr) beim Gehen, Stehen oder leichter Arbeit			
	<input type="checkbox"/> Instabilität bei allen Aktivitäten und bei leichter Arbeit mindestens 1mal/ Monat			
	<input type="checkbox"/> Ständige Instabilität beim einfachen Gehen, Umkehren oder Drehen beim Gehen ohne Instabilitätsgefühl unmöglich			

FUNKTION	<u>Gehen</u>
	<input type="checkbox"/> Normal, keine Einschränkungen
	<input type="checkbox"/> Leichte/ milde Probleme
	<input type="checkbox"/> Mäßige Probleme, Gehen auf ebener Strecke zw. 500 und 1000 Meter OK
	<input type="checkbox"/> Schwere Probleme, Gehen nur 2-3 Häuserblocks möglich
	<input type="checkbox"/> Schwere Probleme, Gehstöcke erforderlich
	<u>Treppensteigen</u>
	<input type="checkbox"/> Normal, keine Einschränkungen
	<input type="checkbox"/> Leichte/ milde Probleme
	<input type="checkbox"/> Mäßige Probleme, nur 10-15 Stufen möglich
	<input type="checkbox"/> Schwere Probleme, nur mit Treppengeländer oder Unterstützung möglich
	<input type="checkbox"/> Schwere Probleme, nur 1-5 Stufen möglich
FUNKTION	<u>Laufen/ Joggen</u>
	<input type="checkbox"/> Normal, keine Einschränkungen
	<input type="checkbox"/> Leichte/ milde Probleme: Laufen mit halber Geschwindigkeit
	<input type="checkbox"/> Mäßige Probleme, nur 2 km möglich
	<input type="checkbox"/> Schwere Probleme, nur 1-2 Häuserblocks möglich
	<input type="checkbox"/> Schwere Probleme, nur ein paar Schritte
	<u>Sprung- und Kontaktsportarten</u>
	<input type="checkbox"/> Normal, keine Einschränkungen
	<input type="checkbox"/> Leichte/ milde Probleme: vereinzelt Einschränkungen, Leistungssport OK
	<input type="checkbox"/> Mäßige Probleme; Aufgabe von Leistungssport, Freizeitsport OK
	<input type="checkbox"/> Schwere Probleme; Aufgabe sämtlicher Sportarten
	<input type="checkbox"/> Schwere Probleme; nur leichte Freizeitaktivitäten möglich (Golf, Schwimmen)

AKTIVITÄTSNIVEAU (GENERELL)	<p><input type="checkbox"/> Keine Einschränkungen, normales Knie, 100% Funktion, gelegentlich Beschwerden beim Leistungssport bzw. schwerer Arbeit</p> <p><input type="checkbox"/> Ausüben von Sport und schwerer Arbeit möglich, aber auf einem niedrigeren Level unter Berücksichtigung von Einschränkungen bei schwerer Tätigkeit</p> <p><input type="checkbox"/> Freizeitsport möglich mit geringen Symptomen, anstrengendere Sportarten verursachen Beschwerden. Einschränkungen bei mäßiger körperlicher Arbeit</p> <p><input type="checkbox"/> Kein Sport oder Freizeitaktivitäten möglich. Gehen mit geringen Beschwerden möglich, Einschränkungen bei leichter Arbeit (Büro)</p> <p><input type="checkbox"/> Gehen und Aktivitäten des täglichen Lebens verursachen mäßige Beschwerden, regelmäßige Einschränkungen</p> <p><input type="checkbox"/> Gehen und Aktivitäten des täglichen Lebens verursachen schwere Beschwerden, ständige Symptome</p>
------------------------------------	--